



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HEINJOEN MOOTTORIRADAN ALUEMALLINTAMINEN

Ja sen hyödyntäminen ajosimulaattorissa

TEKIJÄ: Markku Manninen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Markku Manninen			
Työn nimi Heinjoen moottoriradan aluemallintaminen ja sen hyödyntäminen ajosimulaattorissa			
Päiväys	4.12.2017	Sivumäärä/Liitteet	43 / 0
Ohjaaja(t) Juha Pakarinen, tuntiopettaja, Mervi Heiskanen, tuntiopettaja			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Urheiluautoilijat Ry			
Tiivistelmä <p>Insinööriyön tavoitteena oli aluemallintaa Kuopiossa sijaitseva Heinjoen 900 metrin pituinen asfalttinen moottorirata ja sen lähiympäristö. Lopuksi kun aluemallintaminen oli valmistunut se käännettiin vielä tietokonepohjaisen kilpa-ajosimulaattori Assetto Corsan ymmärtämään tiedostomuotoon.</p> <p>Työ aloitettiin vertaamalla ja valitsemalla mallintamistyöhön sopiva lähtöaineisto Kuopion kaupungin ja Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistojen väliltä. Tämän jälkeen kohteessa tehtiin mittauksia ja otettiin valokuvia, joita hyödynnettiin mallintamisessa. Mallintaminen tehtiin pääosin Blender 3d mallinnusohjelmistolla. Ennen työn lopullista valmistumista mallinnus käsiteltiin Assetto Corsa SDK:lla, jossa määriteltiin tekstuuriin tarkemmat asetukset ja lopuksi tallennettiin Assetto Corsan ymmärtämään .kn5 tiedostomuotoon. Tämän jälkeen tuotos oli valmis testattavaksi kilpa-ajosimulaattori Assetto Corsassa.</p> <p>Työn tuloksena Heinjoen moottoriradan alueesta saatiin tehtyä aluemallinnus Blenderin natiivi tiedostomuodossa .blend sekä tietokoneelle tehdyn kilpa-ajosimulaattorin Assetto Corsan ymmärtämä .kn5 tiedosto. Yhteistyökumppani voi käyttää tätä työtä markkinoidakseen rataansa. Lisäksi työtä voidaan käyttää oppaana radan mallintamisesta kiinnostuneille harrastajille.</p>			
Avainsanat aluemalli, infra, mallintaminen, Blender, Heinjoki, moottorirata			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Civil and Construction Engineering, Construction Architect			
Author(s) Markku Manninen			
Title of Thesis Regional Modeling of the Heinjoki Racetrack and Its Utilization in a Driving Simulator			
Date	4 December 2017	Pages/Appendices	43 / 0
Supervisor(s) Mr. Juha Pakarinen, Lecturer, Ms. Mervi Heiskanen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Kuopion Urheilutoimilijat Ry			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to model the Heinjoki racetrack area in Kuopio. Finally, when modelling was completed it was converted into a file format used by Assetto Corsa racing simulator.</p> <p>The study was started by comparing and selecting a suitable source material from the laser scanned data of Kuopio city and National Land Survey of Finland. After this photographs were taken and measurements were made on the site. Modeling was done mainly by Blender modeling software. Before completing the work the modeling was edited by the Assetto Corsa SDK, which defined the more detailed settings and finally it was saved in the file format .kn5. After this the file was ready to be tested in Assetto Corsa racing simulator.</p> <p>As a result of the study Heinjoki racetrack is compatible with Assetto Corsa racing simulator. The results can be utilized in marketing the racetrack. In addition, the thesis can be used as a guide to racetrack for enthusiasts who are interested in modeling.</p>			
<p>Keywords regional model, infra, modeling, Blender, Heinjoki, racetrack</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Tavoitteet ja tausta	7
1.2	Kuopion Urheiluautoilijat Ry	7
1.3	Heinjoen moottorirata	7
2	KÄYTETYT OHJELMISTOT	8
2.1	CloudCompare	8
2.2	Lastools.....	8
2.3	Revit Architecture	8
2.4	Blender	8
2.5	Assetto Corsa	8
2.6	Assetto Corsa SDK	9
2.7	Gimp.....	9
3	LASERKEILAUS.....	10
3.1	Yleinen toimintaperiaate.....	10
3.2	Mittalaitteiden luokittelu	10
3.3	Käyttökohteet.....	11
3.4	Pistepilven laadun arviointi	12
4	TIETOMALLINTAMINEN INFRA-ALALLA	13
4.1	Tavoitteet.....	13
4.2	Käyttötarkoitus	13
4.3	Yleiset tietomallivaatimukset.....	13
4.4	InfraBIM-nimikkeistö	14
4.5	Ohjelmistot ja tiedostomuodot.....	14
4.6	Mittayksiköt ja koordinaatitot	15
4.7	Mallien nimeäminen	15
4.8	Mallintamisen tarkkuus.....	15
5	LÄHTÖAINEISTO	16
5.1	Lasekeilausaineiston vertailu.....	16
5.1.1	Kuopion kaupungin laserkeilausaineisto	16
5.1.2	Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto.....	16
5.1.3	Lähtöaineiston valinta.....	17

5.2	Ilmakuvat.....	17
5.3	Mittaukset kohteessa.....	18
5.4	Valokuvat kohteessa	18
6	LASERKEILAUSAINIESTON KÄSITTELY	19
6.1	Pistepilven suodatus Lastools ohjelmistolla	19
6.2	Pistepilven avaaminen Cloudcomparella.....	19
6.3	Pistepilven leikkaaminen Cloudcomparella	20
6.4	Pintamallin luominen Cloudcomparella.....	21
7	MALLINTAMINEN.....	22
7.1	Pintamallin käsittely Blenderillä	22
7.1.1	Alkuvalmistelut.....	22
7.1.2	Maastomalli	22
7.1.3	Väylämallit.....	23
7.1.4	Väylä- ja maastomallien yhdistäminen	26
7.2	Mallin visualisointi	27
7.2.1	Kanttikivet	28
7.2.2	Tuomaritornin mallintaminen Revitillä.....	28
7.2.3	Kasvillisuuden mallintaminen	29
7.2.4	Kaiteet ja verkkoaidat.....	31
8	MALLINNUKSEN KÄÄNTÄMINEN AJOSIMULAATTORIIN.....	32
8.1	Mallin viimeistely mallinnusohjelmistossa	32
8.1.1	Ajanottopisteiden, lähtö- ja varikkopaikkojen määrittäminen.....	32
8.1.2	Objektien nimeäminen.....	33
8.1.3	Vienti FBX muodossa	33
8.2	Mallin käsittely Assetto Corsa SDK:lla	34
8.2.1	Tekstuurihienosäätö	34
8.2.2	Tietokoneen ajolinjat.....	36
8.2.3	Kameroiden sijaintien määrittäminen.....	37
9	TULOKSET	38
9.1	Tiedostot.....	38
9.2	Kuvia	39
10	POHDINTA.....	41

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT 42

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet ja tausta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli mallintaa Heinjoen 900 metrin pituinen asfalttinen moottorirata Kuopion Urheiluautoilijat Ry:lle sekä kääntää mallinnus lopulta tietokoneella toimiville Assetto Corsa pohjaisille kilpa-ajosimulaattoreille. Työn tarkoituksena oli, että rataa voisi tutustua etukäteen kilpa-ajosimulaattorin avulla ja sitä voisi hyödyntää mahdollisissa tapahtumissa.

Päädyin tähän valitsemaani toiminnalliseen opinnäytetyön aiheeseen, koska aihealue kiinnostaa minua. Olen kiinnostunut mallintamisesta ja tulevaisuudessa siihen liittyvistä työtehtävistä. Olen myös harrastanut joitakin vuosia kilpa-ajamista ajosimulaattoreilla, joten tämän harrastuksen kautta löytyy myös mielenkiintoa tälle työlle.

1.2 Kuopion Urheiluautoilijat Ry

Työn tilaajana toimi yhdistys nimeltään Kuopion Urheiluautoilijat Ry (KUA). Yhdistys on perustettu vuonna 1960 ja tämän myötä se on Suomen vanhimpia autourheiluseuroja. Lajeina yhdistyksellä on mm. ralli, sprint, jokkis, karting, rata, pienoisautoilu sekä offroad. (Kuopionua.fi i.a.)

Yhdistyksen kotipaikkana toimii Kuopio ja vaikutusalueena on Kuopion kaupunki lähiympäristöineen. Tarkoituksena yhdistyksellä on autourheilun, auton hallintataidon ja liikennekulttuurin kehittäminen ja edistäminen Kuopion alueella. (Kuopionua.fi 2013.)

1.3 Heinjoen moottorirata

Mallintamisen kohteena oli n.900m pituinen Heinjoen asfalttinen moottorirata ja sen lähiympäristö. Moottorirata sijaitsee Heinjoen moottoriurheilukeskuksessa Kuopion eteläpuolella, osoitteessa Savitie 189, Hiltulanlahti. Koko radan osuudelta asfalttipäällysteen rata on saanut vuonna 2011. Radalla on ajettu mm. jokamiesluokkaa sekä driftingin SM-sarjaa. Heinjoen moottoriurheilukeskukseen ollaan rakentamassa tällä hetkellä n. 3km pituista rallicrossirataa tämän nykyisen asfalttiradan rinnalle.

2 KÄYTETYT OHJELMISTOT

2.1 CloudCompare

CloudCompare on pistepilven käsittelyyn tehty avoimen lähdekoodin ohjelmisto. Ohjelmisto on ladattavissa ilmaiseksi osoitteesta <http://www.danielgm.net/cc/>. Tässä työssä käytettiin CloudComparen versiota 2.8.1 64bit win.

2.2 Lastools

Lastools on myös pistepilvien käsittelyyn tehty ohjelmisto, joka on ilmaiseksi ladattavissa kehittäjän sivustolta <https://rapidlasso.com/>. Tässä työssä käytettiin Lastoolsin Windows versiota 170828.

Kaikille vapaasti käytettäviä Lastoolsin osia ovat laszip, lasindex, lasvalidate, lasliberate, lasinfo, las2las, lasdiff, lasmerge, las2txt, txt2las, lasprecision, Laszip ja LASlib työkalut. Loput ohjelmiston osat täytyy lisensoida, mikäli niitä haluaa käyttää tuotantoon, valtion käytössä tai kaupalliseen tarkoitukseen. (Rapidlasso.com i.a.)

2.3 Revit Architecture

Revit on Autodeskin valmistama kaupallinen 3d mallinnusohjelmisto, jonka pääpaino on rakennuksien mallintamisessa. Tässä työssä oli käytössä Revitin 2018 versio.

2.4 Blender

Blender on avoimen lähdekoodin 3D mallinnusohjelmisto. Ohjelmalla pystyy mm. mallintamaan, animoimaan ja renderöimään. Se on ladattavissa mihin tahansa tarkoitukseen ilmaiseksi osoitteesta <https://www.blender.org/> (Blender.org.)

Blenderistä oli käytössä Windows versio 2.79. Blenderiin oli asennettu .ifc import lisäosa, jonka avulla Blenderiin voidaan tuoda .ifc tiedostoja. Ifc lisäosa ladattiin sivustolta <http://ifcopenshell.org/ifcblender.html>. Lisäksi oli asennettu MifhTools lisäosa, jonka avulla voitiin kopioida yksittäisiä objekteja helposti. Käyttäen erilaisia mittoja erilaisissa asennoissa mallintamisessa. MifhTools lisäosa ladattiin sivustolta <https://github.com/mifh/mifhtools>.

2.5 Assetto Corsa

Assetto Corsa on italialaisen Kunos Simulazionin tietokoneelle valmistama kilpa-ajosimulaattoripeli. Pelissä on pyritty mallintamaan autojen ja ratojen käyttäytyminen mahdollisimman todentuntuiseksi. Pelin tietokoneversioon valmistaja on tehnyt tuen, jotta siihen voidaan lisätä omia ratoja ja autoja. Tätä radan lisäämisen ominaisuutta hyödynnettiin tässä opinnäytetyössä. Asseto Corsasta on julkaistu versiot myös Playstation 4:lle ja Xbox One:lle, mutta ne eivät ole yhteensopivia tästä työstä

tulevan mallinnuksen kanssa. Assetto Corsasta oli käytössä tietokone versio 1.15.2 win 64bit. Assetto Corsa on ostettavissa pelipalvelu Steamista.

2.6 Assetto Corsa SDK

Asseto Corsa SDK on Kunos Simulazionin valmistama työkalu, jolla pystytään viimeistelemään mallinnusohjelmistolla .fbx tiedostomuotoon tallennettuja mallinnuksia Assetto Corsassa toimivaksi. Ohjelmistolla voidaan määrittää tekstuureja sekä säätää niiden asetuksia. Työkalulla voidaan lopuksi tallentaa mallinnus Asseto Corsan ymmärtämään .kn5 tiedostomuotoon. Ohjelmisto on ladattavissa pelipalvelu Steamin työkalujen kautta.

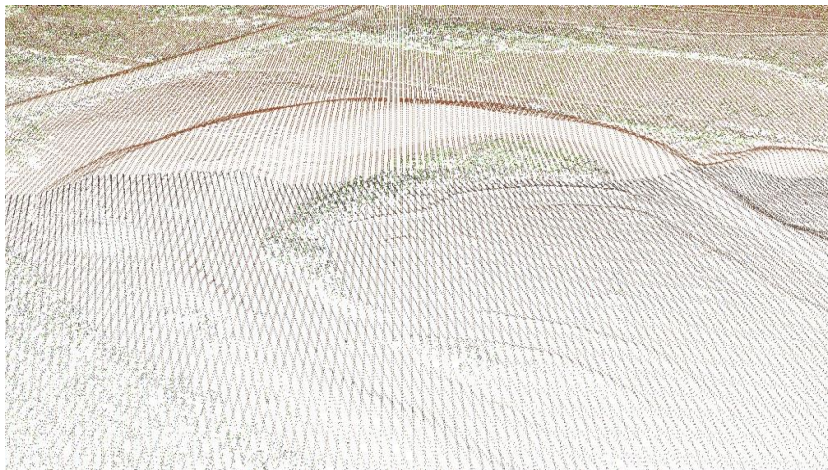
2.7 Gimp

Gimp on ilmainen ja avoimen lähdekoodin kuvankäsittelyohjelmisto. Se on ladattavissa osoitteesta <https://www.gimp.org/>. Tässä työssä käytettiin ohjelmistosta versiota 2.8.22 64bit win.

Tätä työtä tehtäessä ladattiin myös DDS-lisäosa, jonka avulla pystyttiin kuvatiedostot tallentamaan .dds tiedostomuotoon. DDS-lisäosa ladattiin osoitteesta <https://code.google.com/archive/p/gimp-dds/>.

3 LASERKEILAUS

Laserkeilain on mittalaite, jolla voidaan mitata halutusta alueesta kohdepisteille XYZ-koordinaatit ja muodostaa näistä sitten yhtenäinen pistepilvi (Kuva 1). Pistepilvi valmistuu laserkeilaimella nopeasti ja sillä pystytään tekemään hyvin yksityiskohtainen malli ja keräämään monipuolista tietoa ympäröivästä maailmasta. (Joala 2006.)



Kuva 1. Suodattamaton pistepilvi (Manninen 2017-10-16.)

3.1 Yleinen toimintaperiaate

Laserkeilaimessa on nollapiste ja tästä lähtee lasersäde, säteen avulla mitataan etäisyys kohteeseen laserkeilaimesta. Etäisyyden laskemisessa hyödynnetään aikaa, jonka lasersäde käyttää mennäkseen ja palatakseen takaisin mitattavasta kohdepisteestä. Kun tiedetään myös lasersäteen lähtökulmat, niin näiden avulla voidaan laskea jokaiselle kohdepisteelle omat XYZ-koordinaatit. (Joala 2006.)

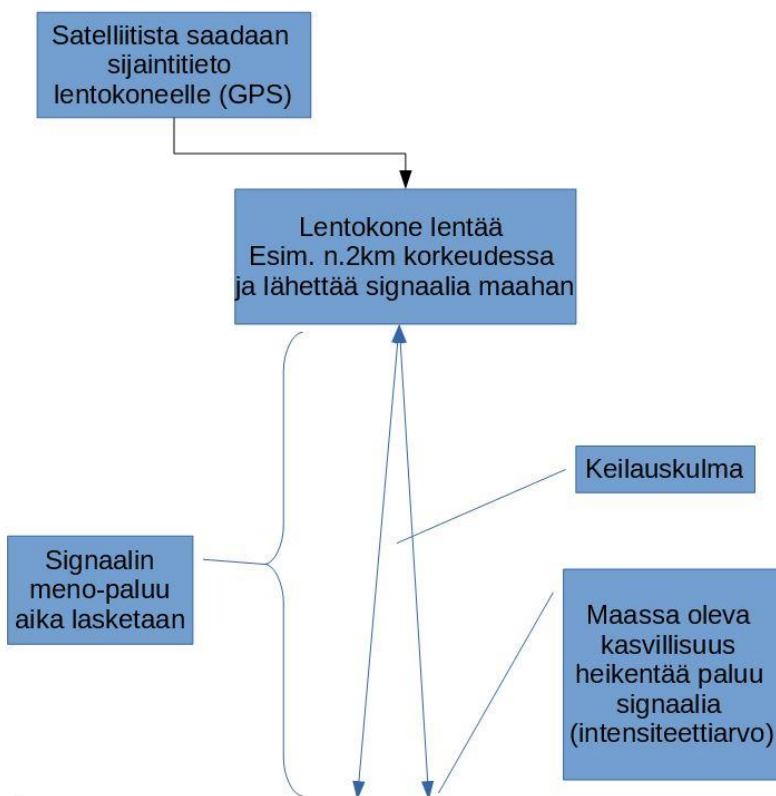
Tämän lisäksi osa laserkeilaimista tallentaa jokaiselle kohdepisteelle intensiteettiarvon palaavan signaalin voimakkuuden perusteella. Intensiteettiarvolla voidaan kuvata mitattuja pisteitä värierioilla ja näin saada selkeyttä mittaustuloksiin. (Joala 2006.)

3.2 Mittalaitteiden luokittelu

Laserkeilaimet jaetaan kolmeen eri pääluokkaan:

1. **Kaukokartoituslaserkeilaimet:** Käytetään lentokoneista, helikoptereista ja avaruusaluksilta (Kuva 2). Yleinen mittausetäisyys kaukokartoituslaserkeilaimissa on 0,1-100km ja mitattu pistetarkkuus liikkuu senttimetreissä (yleensä >10cm). (Joala 2006.)
2. **Maalaserkeilaimet:** Käytetään mittauksiin etäisyyksissä 1-300m ja mittaus tarkkuus näissä on alle 2cm. (Joala 2006.)

3. Teollisuuslaserkeilaimet: Mitataan pieniä kohteita jo hyvin tarkasti. Tarkkuus on alle 30m etäisyyksillä mitattaessa alle 1mm luokkaa. (Joala 2006.)



Kuva 2. Esim. Kaukokartoituslaserkeilaimen toimintaperiaatteesta (Manninen 2017-10-16.)

3.3 Käyttökohteet

Laserkeilausta voidaan käyttää hyvin monella eri tapaa. Seuraavaksi on listattuna Joala Vahurin näkemyksiä laserkeilauksen käyttökohteista työstä Lasermittauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. (Joala 2006.)

Yleisiä syitä laserkeilauksen käyttämiseen ovat:

- Mitattavasta kohteesta ei ole piirrustuksia
- Halutaan kohteesta kolmiulotteista tietoa
- Kohteessa on vaarallista tehdä mittauksia perinteiseen tapaan (sähkölaitokset, louhokset)
- Tietoa tarvitaan nopeasti ja yksityiskohtaisesti kohteesta
- Laadunvalvonta on "lahjomatonta"

Tyypillisiä kohteita ovat:

- Tuotantolaitokset
- Arvorakennukset
- Väyläinfrarakenteet (sillat, tiet, rautatiet ja tunnelit)

- Muistomerkit
- Laivat
- Vaikeasti lähelle päästävät kohteet (kalliot, korkeat rakennukset)
- Maanmittaus

3.4 Pistepilven laadun arviointi

Pistepilven laatua arvioidessa on hyvä huomioida seuraavia asioita.

- **Yksittäisen pisteen laatu:** Mittausmatkan ollessa pitkä, takaisin tuleva signaali on jo sen myötä heikompi. Lisäksi palaavan signaalin voimakkuuteen vaikuttavat mitattavassa kohteessa olevan pinnan kaltevuus (mittaussäteen osumiskulma) ja sen materiaali. Tästä syystä mittauksissa on hyvin tärkeää jäännösvirheiden seuranta. (Joala 2006.)
- **Pisteiden tiheys:** Tällä tarkoitetaan pisteiden keskinäistä välimatkaa pistepilvessä. Yleisenä periaatteena on, mitä pienempi välimatka, sitä tarkempi pistepilvi on. Kuitenkaan tiheästäkään pistepilvestä ei ole paljon hyötyä, mikäli vaaka- ja korkeustarkkuus pistepilvessä on huono. (Joala 2006.)
- **Erillisten pistepilvien yhdistämisessä saatu laatu:** Kaikkia kohdepisteitä ei saada mitattua yhdestä sijainnista, vaan mittauspisteen sijaintia täytyy siirtää. Tämän vuoksi pistepilviä joudutaan yhdistelemään, jotta ne saadaan yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi. Parhaimpaan tulokseen päästään, kun voidaan käyttää yhteisiä tähyksiä, eli jokaisella pistepilvellä on vähintään kolme yhteistä kohdetta ja näiden avulla pistepilvet voidaan yhdistää samaan koordinaatistoon. Tällä tavalla pistepilvien yhdistäminen onnistuu parhaimmassa tapauksessa 1-3 mm:n tarkkuudessa. Toinen tapa yhdistää pistepilviä on mallintaa yhteisiä kohteita ja näiden avulla kohdistaa pistepilvet samaan koordinaatistoon. Tällä tavalla ei kuitenkaan päästä samaan tarkkuuteen, kuin ensimmäiseksi mainitulla tavalla. Tämä johtuu siitä, että kohteiden mallintaminen ei ole niin tarkkaa kuin yhteiset tähykset. (Joala 2006.)

4 TIETOMALLINTAMINEN INFRA-ALALLA

Viimeisen kymmenen vuoden aikana Suomessa on tietomallintamisen osalta uudistettu infra-alaa. Vuonna 2009 aloitetussa Infra TM -hankkeessa tavoitteena on ollut kohdistaa ja nopeuttaa muutosta infra-alalla kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä. (Rts.fi i.a.)

4.1 Tavoitteet

Tavoitteena tietomallintamisessa on, että jokaiselle hankkeelle kirjataan tietomallisuunnitelmaan hankkeen tavoitteet tietomallintamisen osalta. Hankkeissa tietomallintamisen tavoitteena voivat olla hyöty rakentamisen tehokkuuden ja tuottamisen parantamisessa, suunnittelun sekä toteutuksen laadun edistäminen, kustannusohjattavuuden parantaminen tai malli antaa etua kohteen havainnollistamisessa hankkeessa. (Niskanen 2015, 10-11.)

4.2 Käyttötarkoitus

Hankkeista luodaan lähtötietomalli, jolla kuvataan kohteen nykytila ja sitä käytetään suunnittelun pohjana. Tämän pohjalta voivat eri tekniikkalajit (esim. geo, silta, väylä, ympäristö, valaistus) luoda omat suunnitelmamallinsa. Eri tekniikkalajien suunnitelmamallien pohjalta voidaan luoda kohteesta yhdistelmämalli, jonka tarkoituksena on helpottaa havaitsemaan mahdollisia ongelmia eri tekniikkalajien ja eri hankeosien suunnitelmissa. (Niskanen 2015, 11-12.)

Esittelymalli voidaan luoda yhdistelmämallista. Esittelymallilla voidaan kuvata kohde mahdollisimman todenmukaisena visuaalisesti. Esittelymalli on erittäin hyvä ratkaisu kanssakäymisessä eri sidosryhmien ja asukkaiden kanssa. (Niskanen 2015, 12.)

Rakennus-suunnitelmamallista jalostetaan toteutusmalli, jolla voidaan ohjata rakentamisen aikataulu, työnaikaiset järjestelyt, eri tehtävät jne. Näistä voidaan tehdä myös työkoneille erilaisia koneohjausmalleja. (Niskanen 2015, 13.)

4.3 Yleiset tietomallivaatimukset

Tällä hetkellä viimeisin päivitys yleisistä inframallivaatimuksista on julkaistu 5.5.2015. Sen on julkaissut buildingSMART Finland. Se sisältää käyttöön hyväksytyjä ohjeita (Kuva 3), jotka ovat olleet lausunnoilla eri infra-alan toimijoilla. Aineistosta uusin versio julkaistaan aina sivulla <http://buildingsmart.fi/yiv/>. (Buildingsmart.fi i.a. a.)

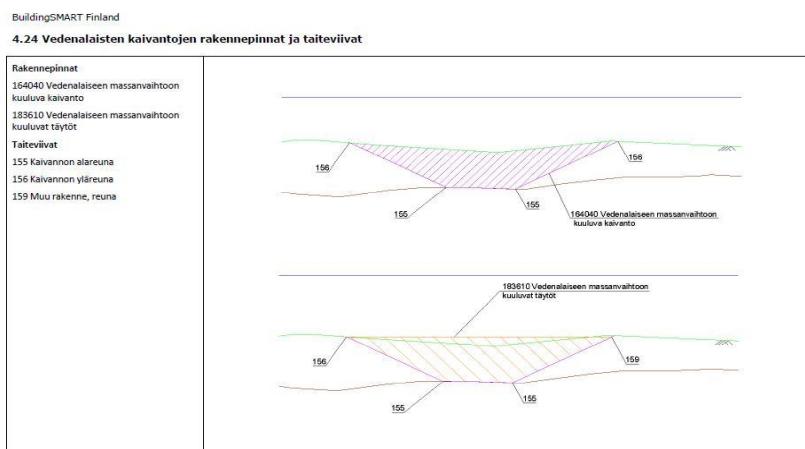
Yleiset inframallivaatimukset 2015, luettelo käyttöön hyväksytyistä ohjeista

1. Tietomallipohjainen hanke
2. Yleiset mallinnusvaatimukset
3. Lähtötiedot, Liite1, Liite 2
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. Rakennemallit; 5.1 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällys- ja pintarakenteet, 5.2 Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje, 5.3 Maarakennustöiden toteutusmallin laadintaohje, 5.3 Liite 1
6. Rakennemallit; 6.1 järjestelmät
7. Rakennemallit; 7.1 Rakennustekniset rakennusosat
8. Inframallin laadunvarmistus
9. Määrälaskenta, kustannusarviot
10. Havainnollistaminen
11. Infran hallinta; 11.1 Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa
12. Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa; 12.1 Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä

Kuva 3. Kuvakaappaus YIV2015, luetteloon hyväksytyistä ohjeista. (Buildingsmart.fi i.a. a 2017-10-16)

4.4 InfraBIM-nimikkeistö

BuildingSMART Finland on julkaissut myös InfraBIM -nimikkeistön. Nimikkeistössä ohjeistetaan mallintamisessa käytettäviä yhtenäisiä numerointi- ja nimeämiskäytäntöjä (Kuva 4). Se palvelee infrarakenteita ja – malleja läpi infrahankkeen aina ylläpitoon asti. (Buildingsmart.fi i.a. b.)



Kuva 4. Kuvakaappaus InfraBIM- nimikkeistöstä. (Buildingsmart.fi i.a. b 2017-10-16)

4.5 Ohjelmistot ja tiedostomuodot

Tiedostot tulee mallintaa sellaiseen muotoon, jossa tieto on hyödynnettävissä. Vaatimuksena on käyttää enimmäkseen avoimia standardeja ja tietomallinnusta tukevia tiedostomuotoja (Kemppainen ja Liukas 2015, 8).

Mallintamisen tiedostomuodon perusvaatimuksena on, että ohjelmisto pystyy soveltamaan ja toimittamaan tietomallin avoimessa ja tietomallipohjaisessa tiedostomuodossa. Infrarakenteiden avoin tiedostomuoto on Inframodel ja taitorakenteiden osalta se on IFC. Infrarakenteiden osalta käytössä olevat avoimet tiedostomuodot eivät sisällä kuitenkaan aivan kaikkia infrarakenteita. Näiltä osin voidaan käyttää dwg-tiedostomuotoa. Tietomallien, tuotoksien ja niiden tulosteiden tulee

pohjautuvat infra-nimikkeistöön. Mallintamishankkeiden tarjouspyynnöissä tulee selvittää valmiille tuotteelle määritetyt vaatimukset (Kempainen ja Liukas 2015, 8).

Infra-alalle kehitetty avoin Inframodel pohjautuu kansainväliseen LandXML- standardiin. Inframodel-formaatin ideana on, että se toimisi mahdollisimman kattavasti eri suunnittelu-, mittaus- ja koneohjausohjelmistoissa infra-alalla. Tällä hetkellä uusin julkaistu versio on Inframodel 4. Inframodel 4 formaatin suhteen on ollut tavoitteena saada se käyttöön vuoden 2017 aikana. Tällä hetkellä käytössä on Inframodel 3, joka on otettu yleiseen käyttöön vuonna 2014. (Buildingsmart.fi i.a. c.)

4.6 Mittayksiköt ja koordinaatitot

Mittayksiköissä mallintamisessa tulee käyttää yksikkönä metriä. Koordinaatistoista tulisi pääsijaisesti käyttää suosituksien mukaista EUREF-FIN- koordinaatti- ja N2000- korkeusjärjestelmää. Valtakunnan tasolla esi- ja yleissuunnitelmissa voidaan käyttää ETRS-TM35FIN- koordinaatistoa. Tarkemmissa suunnitelmissa tulisi kuitenkin käyttää paikalliseen sijaintiin sopivaa ETRS-GKn- koordinaatistoa. Kuopion osalta se olisi ETRS-GK27 (Kempainen ja Liukas 2015, 9).

4.7 Mallien nimeäminen

Malleissa oleville objekteille tulisi antaa käytössä olevan infra-alan rakennusosanimikkeistön ja siitä olevan laajennuksen InfraBIM-nimikkeistön mukaiset nimet. Lisäksi objekteihin on lisättävä niihin verrannollinen infranimikkeistön koodi (Kempainen ja Liukas 2015, 15).

Tiedostot ja kansiot nimetään sillä tavalla, että niistä käy selväksi, mitä aineistot sisältävät. Nimeämisessä tulee käyttää merkkejä AZ (ei ääkkösiä), Az, 0-9 ja ala- ja väliviivoja (ei muita erikoismerkkejä tai välilyöntejä). Hakemistopolku saa olla pisimmillään 256 merkkiä sisältäen tiedoston nimen (Kempainen ja Liukas 2015, 15).

4.8 Mallintamisen tarkkuus

Tarkkuus mallintamisessa johtuu hankkeen suunnitteluvaiheesta, suunnitelmien tekniikkalajista, lähtötietojen tarkkuudesta sekä mallin hyödyntämistarpeesta. Siinä vaiheessa kun suunnitelmat ovat vielä luonnoksia, mallinnuksien ei tulisi olla vielä liian tarkkoja. Suunnittelun erivaiheissa on kaikkien hankkeen eri osapuolten tiedettävä mallintamisen tarkkuustaso (Jantunen 2015, 5.)

Tässä työssä tehty mallinnus hyödynnetään ajosimulaattorissa, joten mallintamisen tarkkuudessa pyritään rata-alue saamaan näyttämään ulkoisesti mahdollisimman oikealta. Työ tulisi näin vastaamaan esittelymallia jolla pystyttäisiin havainnollistamaan rata-aluetta. Lopulliseen tarkkuuteen kuitenkin vaikuttaa lähtöaineiston tarkkuus.

5 LÄHTÖAINEISTO

Hyvin valittu lähtöaineisto on hyvän suunnittelun lähtökohta. Sen valitsemisessa kannattaa pitää huolta, että se on ajankohtaista, tarpeeksi tarkkaa ja siinä käytetty kohteiden luokittelu on yhtenäistä (Kajanan ja Muukkonen 2009, 32).

Maastomallin muodostamiseen vaihtoehtoina ovat yleistynyt laserkeilaus tai sitten perinteinen mittaus, joka tehdään yleisimmin takymetrillä. Yksi vaihtoehto on myös GPS-mittalaite, jota voi käyttää, mikäli maasto on tarpeeksi avaraa (Kajanan ja Muukkonen 2009, 33-34).

Tässä työssä päädyttiin käyttämään maastomallin muodostamiseen laserkeilausaineistoa sen helpon ja nopean saatavuuden vuoksi.

5.1 Lasekeilausaineiston vertailu

Lähtöaineistoa valitessa vertailtiin Kuopion kaupungilta saamaa ja Maanmittauslaitoksen internetsivuilta ladattua laserkeilausaineistoa. Molemmat ovat lentokoneesta kuvattua kaukokartoitettua aineistoa. Molemmissa aineistoissa korkeustarkkuus on n. 15cm luokkaa.

5.1.1 Kuopion kaupungin laserkeilausaineisto

Kuopion kaupunki ilmoittaa laserkeilausaineiston pistetiheyden olevan noin 15-20 pistettä/m². Koordinaattijärjestelmänä aineistossa on käytetty ETRS89 / GK27FIN. Heinjoen alueella on aineistoa kuvattu vuonna 2007. (Kuopio.fi 2016.)

Kuopion kaupungilta saama aineisto on opiskelijoille opinnäytetyön tekemistä varten ilmaista ja sitä voi pyytää Kuopion kaupungin paikkatietopalveluilta. Muussa tapauksessa aineisto on maksullista ja siitä veloitetaan hinnaston mukaisesti (Kuopio.fi. 2017 a.)

Maksullisia aineistoja, johon myös laserkeilausaineisto lukeutuu, ei saa jakaa kolmannelle osapuolelle, eikä myöskään hyödyntää kaupallisesti ilman Kuopion kaupungin lupaa. Kuopion kaupungin aineistoa hyödyntäessä on merkittävä aineiston alkuperäislähde ja versio (esim. sisältää Kuopion kaupungin ilmakehu-aineistoa 2007). (Kuopio.fi 2017 b.)

5.1.2 Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto

Maanmittauslaitos ilmoittaa laserkeilausaineiston pistetiheyden olevan vähintään 0,5 pistettä/m², eli keskimäärin pisteiden etäisyys toisistaan on enintään n. 1,4m. Koordinaattijärjestelmänä maanmittauslaitoksen aineistossa käytetään ETRS-TM35FIN:tä. (Maanmittauslaitos.fi i.a. a.)

Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoa sekä muita aineistoja kuten ilmakehua, jaetaan ilmaiseksi Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta kaikille. Aineistoa ladattaessa

sähköpostiosoite on ainut pakollinen tieto, joka täytyy ilmoittaa. Kyseiseen sähköpostiin lähetetään linkki, josta aineiston voi sitten ladata, kun tilaus on tehty.

Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoa jaetaan CC 4.0 BY -lisenssillä, joka tarkoittaa, että aineiston käyttäjä voi jakaa ja muunnella aineistoa missä tahansa tarkoituksessa. Aineistoa hyödyntäessä on kuitenkin mainittava lisenssinantajan nimi, aineiston nimi ja ajankohta milloin Maanmittauslaitos on jakanut aineiston (esim. sisältää Maanmittauslaitoksen Laserkeilausaineiston 10/2017 aineistoa) (Maanmittauslaitos.fi i.a. b.)

5.1.3 Lähtöaineiston valinta

Päädyin valitsemaan tässä opinnäytetyössä käyttööni Maanmittauslaitoksen aineiston. Vaikka Kuopion kaupungin aineisto olisi ollut huomattavasti tarkempaa, se oli kuitenkin merkittävästi vanhempaa aineistoa. Esimerkiksi Heinjoen moottorirata on asfaltoitu kokonaan vuonna 2007 kuvattun Kuopion laserkeilausaineiston jälkeen (Kuva 5). Tästä johtuen Kuopion kaupungin pistepilvessä oli selvästi havaittavissa autojen aiheuttamat urat radan sorapinnassa. Lisäksi Maanmittauslaitoksen aineistossa oleva CC 4.0 lisenssi antaa oikeudet käyttää työtä paljon vapaammin.



Kuva 5. Kuvakaappaukset ilmakuvista. Vasemmalla: sisältää Kuopion kaupungin ilmakuva-aineistoa 2007. Oikealla: sisältää Maanmittauslaitoksen ilmakuva-aineistoa. (Manninen 2017-09-23.)

Pyytäessäni Kuopion kaupungin Paikkatietopalveluilta aineistoa käyttööni, sieltä ilmoitettiin, että joulukuussa 2017 olisi saatavilla vuoden 2017 kesällä kuvattua laserkeilausaineistoa Heinjoen alueelta. Tavoitteena tällä työllä oli kuitenkin valmistua ennen sitä, joten en päässyt hyödyntämään sitä tässä opinnäytetyössä.

5.2 Ilmakuvat

Mallintaessa käytin taustakuvana Maanmittauslaitoksen julkaisemaa ilmakuvaa. Ilmakuva on lentokoneesta kartoituskäyttöön soveltuvalla kameralla tai sensorilla otettua kuvaa kohteesta. Kuvien tarkkuuteen vaikuttavia syitä ovat olleet kameras rakenne ja kuvauskorkeus. Kuvauksessa saattaa tulla geometristä virhettä johtuen korkeuseroista maastossa sekä keskusprojektiosta. Pienimmillään

nämä virheet ovat kuvien keskellä ja suurimmillaan virheet ovat kuvien reuna-alueilla.
(Maanmittauslaitos.fi i.a. c.)

5.3 Mittaukset kohteessa

Radan reunalla sijaitsevien kanttareiden korkeudet olivat tärkeää tietoa tässä projektissa, eikä niiden tarkat korkeustiedot olleet selvitettävissä laserkeilausaineistosta. Tästä syystä kävin perinteiseen tapaan tekemässä mittauksia mittanauhalla (Kuva 6). Mahdollista olisi ollut myös tehdä mittauksia teknisempien laitteiden avulla, kuten esimerkiksi gps-mittalaitteella, mutta tästä olisi syntynyt tarkkuudessa useiden senttimetrien ristiriitoja gps- ja laserkeilausaineiston välille. Johtuen niiden erilaisesta mittaustarkkuudesta. Lisäksi tein mittauksia mittanauhalla kohteessa olevista rakennuksien ja rakennelmien (aidat, suojaverkot) mitoista. Näiden mittausten avulla pystyin mallintamaan rakennukset ja rakennelmat tarkemmin kuin ilmakuvista.



Kuva 6. Kanttareiden mittausta (Manninen 2017-09-28)

5.4 Valokuvat kohteessa

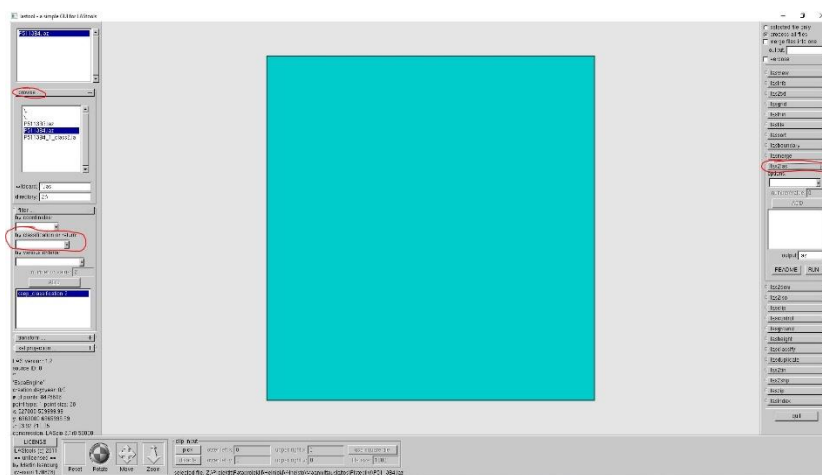
Kohteesta otin 258 kappaletta valokuvia, joita hyödynsin mallintamisessa. Kuvia otin mm. radan ja kanttareiden pintamateriaaleista. Pintamateriaaleista otetuista kuvista pystyin tekemään tekstuureja pinnoille ja tämän avulla sain ne näyttämään oikeilta. Lisäksi otin valokuvia yksityiskohdista, joita ei ollut selvästi havaittavissa ilmakuvista. Näiden kuvien avulla oli helppo mallintaa pienempiä kohteita radan ympäriltä.

6 LASERKEILAUSAINEISTON KÄSITTELY

Lähtöaineistona käytettävästä aineistosta tulee tarkastaa aina sen laatu ennen sen käyttöä. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota siihen, että työhön asetettu tarkkuusvaatimus täyttyy ja aineisto on muilta osin sopivaa, kuten esimerkiksi luokittelun oikeellisuus, virheettömyys, ajantasaisuus sekä, että aineisto on tarpeeksi kattavaa (Kajanen ja Muukkonen 2009, 36).

6.1 Pistepilven suodatus Lastools ohjelmistolla

Ensimmäiseksi tässä työssä poistin pistepilvestä kaikki muut pisteet paitsi maanpintaa kuvaavat pisteet. Tämä onnistui, kun aluksi Lastools ohjelmiston vasemman puolen browse valikosta etsittiin maanmittauslaitoksen sivuilta ladattu pistepilvi P5114B4. Pistepilvellä oli tässä vaiheessa kokoa 31 723 kilotavua. Tämän jälkeen luokittelu tai palauta (By classification or return) valikosta määritettiin, että pidetään luokittelu 2 (keep_classification 2). Maanmittauslaitoksen aineistossa luokitus arvolla kaksi kuvataan maanpintaa. Tämän jälkeen arvot hyväksyin painamalla lisää (add). Ohjelman oikeasta laidasta löytyvällä las2las toiminnolla luokiteltu maanpintasta tallennettiin .laz muotoon (Kuva 7). Tämän jälkeen uusi .laz tiedosto tallentui samaan sijaintiin alkuperäisen tiedoston kanssa. Uuden tiedoston koko oli 11 490 kilotavua, joten tiedosto pieneni 20 233 kilotavua.



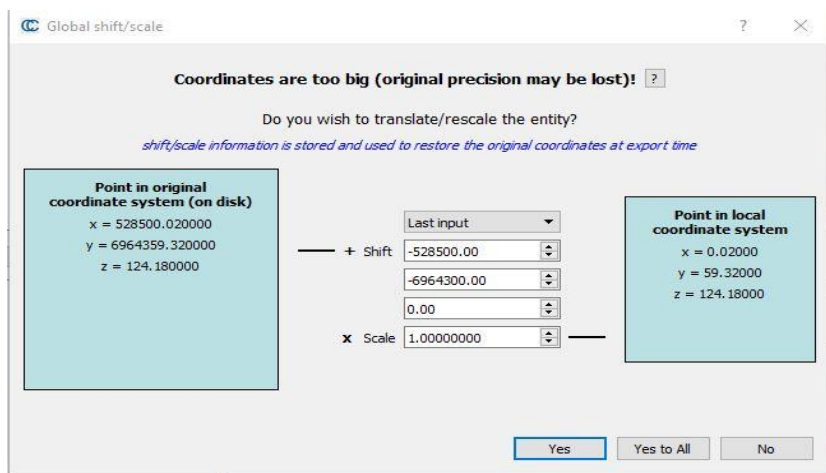
Kuva 7. Pistepilven käsittelyä Lastools ohjelmistossa (Manninen 2017-09-23.)

6.2 Pistepilven avaaminen Cloudcomparella

CloudComparessa tiedoston avaus tapahtui pikakomennolla ctrl+o, jossa avattiin Lastoolsilla tehty .laz tiedosto, johon maanpinta luokitus oli tehty. Tiedoston avaamisen loppuvaiheessa tuli ilmoitus, että koordinaatisto (ETRS-TM35FIN) olisi liian iso. Tässä vaiheessa x ja y koordinaatit määritin lähelle nolla arvoja ja z koordinaatti pidin normaalina, jotta korkeus arvot pysyivät oikeina (Kuva 8). Tehdyt muutokset hyväksyin komennolla kyllä (yes) ja pistepilvi avautui näytölle. Vaihtoehtoisesti CloudComparessa olisi voinut suurentaa koordinaatistoa kasvattamalla suurinta koordinaatti arvoa (File → Global shift settings, max absolute coordinate), mutta ETRS-TM35FIN

koordinaatistolla tuli ongelmia Assetto Corsan kanssa, enkä saanut rataa aukeamaan oikein. Joten katsoin paremmaksi tehdä mallinnustyön lähempänä mallinnusohjelmien origoa.

Sitten kun pistepilvi oli latautunut näytölle, etsin vasemmassa laidassa sijaitsevasta tiedostopuusta (DB tree) avautunut pistepilvi ja aktivoin se. Sen jälkeen pistepilven nimi muuttui harmaaksi ja tämän seurauksena asetusvalikko aktivoitui vasempaan alareunaan. Asetusvalikosta active arvon vaihdoin intensiteetiksi (intensity), jonka jälkeen pistepilvi oli helpommin tulkittavissa ja radan sijainti oli paremmin havaittavissa.

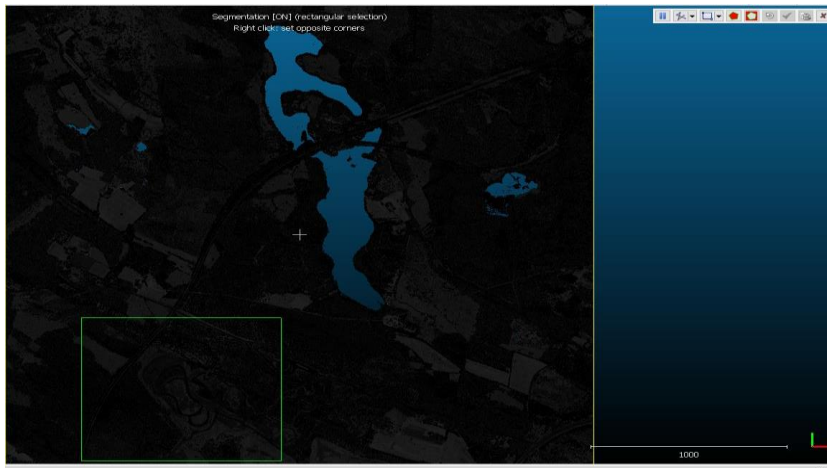


Kuva 8. Koordinaattien pienentäminen CloudComparessa (Manninen 2017-09-10.)

6.3 Pistepilven leikkaaminen Cloudcomparella

Pistepilveä olisi ollut mahdollista leikata pienemmäksi myös Lastools ohjelmistolla, mutta Lastoolsissa leikattava alue olisi pitänyt määrittää sokkona. Lastoolsissa nimittäin näkyy työalue kokonaan turkoosina. Toinen tapa Lastoolsissa olisi ollut selvittää leikattavan alueen kulmien koordinaatit ja leikata alue pienemmäksi koordinaattien avulla. Katsoin kuitenkin paremmaksi käyttää pistepilven leikkaamiseen Cloudcomparea, jolla leikkaaminen oli helpompaa. Ohjelmalla pystyin näkemään leikattavan alueen kokoajan sekä sillä pystyi leikkaamaan myös muunkin muotoisia alueita kuin pelkästään suorakulmaisia.

Pistepilven jakamisen pienempiin osiin tein segmentti työkalulla (Edit → Segment), jonka valitsemisen jälkeen oikeaan reunaan aukesi lisää kuvakkeita. Kuvakkeista valitsin suorakulmaisen valinnan (rectangular selection), jolla määritin alueen. Alueeksi määritin jonkin verran Heinjoen rata-alueita suuremman alueen (Kuva 9). Tämän jälkeen valitsin kuvakkeen, jossa oli punainen täplä (Segment in). Tällä valinnalla sain säilytettyä viivan sisäpuolisen alueen. Seuraavaksi kuvakkeisiin aktivoitui vihreä oikein merkki (Confirm segmentation) ja sitä painamalla hyväksyin leikkaustyön. Tämän jälkeen tallensin leikatun alueen (Ctrl + s), leikatun alueen täytyi olla aktivoituna (harmaana) tiedostopuussa jotta tallentaminen onnistui. Tallentaessa leikatun pistepilven tiedostomuodoksi valitsin las/laz ja tiedoston nimen perään kirjoitin .laz, jolla tiedoston sain tallentumaan .laz muotoon. Lopuksi avautui vielä skaalausvalikko, johon valitsin korkean resoluution, jotta mittasuhteet pysyivät oikeina. Tässä vaiheessa .laz tiedoston koko oli pienentynyt 1 494 kilotavuun.

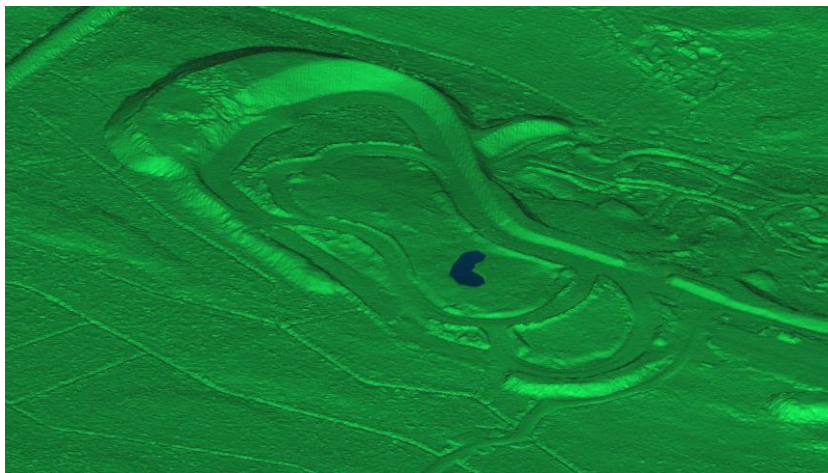


Kuva 9. Pistepilven leikkaaminen pienemmäksi intensiteetti arvo aktivoituna (Manninen 2017-09-10.)

6.4 Pintamallin luominen Cloudcomparella

Leikatusta pistepilvestä halusin vielä karsia turhia pisteitä ennen pintamallin luomista osanäyte toiminnolla (Edit → Subsample). Työkalussa käytin menetelmänä Space ja sen arvona käytin 1.00 (min. Space between points). Tämän jälkeen pystyin toteamaan, että pistepilvessä olevat pisteet ovat jakautuneet tasaisemmin, mutta pinnan muodot olivat kuitenkin säilyneet suurinpiirtein samoina.

Sen jälkeen loin vielä pintamallin pistepilvestä (Edit→Mesh→ Delaunay 2,5D (XY plane). Suurimpana reunan pituutena (max edge) käytin arvoa 12, jolloin radan keskellä olevaan lampeen ei muodostunut ollenkaan tasoja (Kuva 10). Lopuksi tallensin tehdyn pintamallin vielä muotoon .STL mesh. (File → Save). Loppuun ohjelma vielä kysyi tallennetaanko binary vai ASCII muotoon, niin siitä valitsin binary muodon. Nyt tiedosto kasvoi 23 147 kilotavun kokoiseksi, johtuen pisteiden välille tulleista tasopinnoista.



Kuva 10. CloudComparella tehty karkea pintamalli (Manninen 2017-09-23.)

7 MALLINTAMINEN

7.1 Pintamallin käsittely Blenderillä

7.1.1 Alkuvalmistelut

Blenderillä pintamallin käsittelyn aloitin poistamalla uudessa projektissa olevat Camera, Cube ja Lamp tasot. Seuraavaksi oikeassa laidassa sijaitsevasta scene valikosta muutin yksiköiksi metrisen järjestelmän ja lisäsin vielä hemi valaistuksen (Create → Hemi), jolla saatiin tekstuurit näkymään valaistuna tekstuuri tilassa, ilman sen tarkempia valaistus säätöjä.

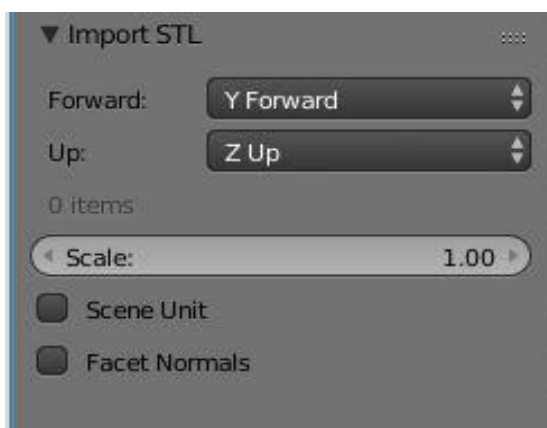
Seuraavaksi N näppäimellä avautuvaan asetusvalikkoon vaihdoin materiaalililaksi GLSL ja aktivoin kiinteän tekstuurin (textured solid) ja taustakuorinnan (backface culling). Kiinteällä tekstuurilla tarkoitetaan sitä, että tekstuurit näkyvät myös solid tilassa. Taustakuorinnalla tarkoitetaan sitä, että pinnan tekstuurit näkyvät vain toiselta puolelta ja toiselta puolelta ne ovat läpinäkyviä. Taustakuorinta on hyödyllinen asetus, koska Assetto Corsa näkee pinnat juuri tällä tavalla.

7.1.2 Maastomalli

Kolmioverkosta tarkistetaan aina sen oikeellisuus. Vaikka lähtöaineisto olisi kuinka tarkkaa, tulee kuitenkin kiinnittää huomiota erityisesti sellaisiin paikkoihin, jossa pisteet ovat todella lähekkäin tai sitten todella kaukana toisistaan. Näiden lisäksi aineistoon on voinut tulla mittausvirheitä, joissa saattaa olla monien metrien korkeuseroja, joita ei välttämättä omin silmin aineistosta näe (Kajanan ja Muukkonen 2009, 37).

Yksi tapa suorittaa kolmioverkon tarkistus on laskea aineistolle korkeuskäyrät ja löytää niistä jyrkkiä nousuja ja laskuja. Lisäksi on hyvä laskea poikkileikkaukset ja löytää myös niistä mahdollisia virheitä. (Kajanan ja Muukkonen 2009, 37-38).

Pintamallin käsittelyn aloitin tuomalla Cloudcomparella tehty .stl muotoinen pintamalli (File→Import→.stl). Tuontiasetukset Blenderissä säilytin vakioina (Kuva 11).



Kuva 11. Pintamallin tuontiasetukset Blenderissä (Manninen 2017-09-23.)

Kun pintamalli oli latautunut, aktivoin sen ja vaihdoin Blenderin objektitilasta muokkaustilaan (TAB), jossa aktivoin tasosta kaikki pisteet (A). Tämän jälkeen pintamallia tasoitin Smooth Vertex toiminnolla (W→ Smooth). Arvoina tasoittamisessa käytin Smoothing: 0.5 Repeat: 3 ja X,Y ja Z akselit pidin aktivoituna. Smoothing arvolla määritetään tasauksen herkkyyttä, repeat arvolla säädetään toistojen määrää ja akseli määrittäessä sallitaan suunnat, joissa pisteet saavat liikkua. Tasoittamisen jälkeen pystyin toteamaan, että pintamalli ei ollut enää niin epätasainen (Kuva 12).



Kuva 12. Blenderissä tasoitettu pintamalli (Manninen 2017-09-15.)

Seuraavaksi lisäsin taustalle Maanmittauslaitoksen aineistosta ladatun ilmakuvan. Tämä lisääminen tein empty objektilla (Shift+A → Empty→ Image). Ilmakuvan määritin data valikkoon, joka löytyy oikeassa laidassa olevasta työkaluriviltä. Siirsin ja muutin kuvan kokoa vastaamaan pintamallin mukaista sijaintia ja mittasuhdetta, skaalaus (S) ja siirrä (T) toiminnoilla.

7.1.3 Väylämallit

Pintamalli ei kuitenkaan ollut vielä tarpeeksi tasainen, jotta siitä suoraan olisi saanut tehtyä lopulliseen malliin tarpeeksi tasaiset ajoväylät. Tämän vuoksi ajoväylien tasaukseen käytin apuna Blenderin kalvo (shrinkwrap) työkalua. Ennen sen käyttöä täytyi kuitenkin tehdä ajoväylille vaakageometriat. Vaakageometriat loin polkutyökalulla (Shift+A → Curve → Path). Polkutyökalussa näppäimellä pystyi jatkamaan viivaa edellisestä pisteestä. Viimeiset pisteet yhdistin aktivoimalla ensimmäisen ja viimeisen pisteen ja sitten painamalla f näppäintä. Tällä tavalla radasta sain muodostettua yhtenäisen renkaan (Kuva 13).

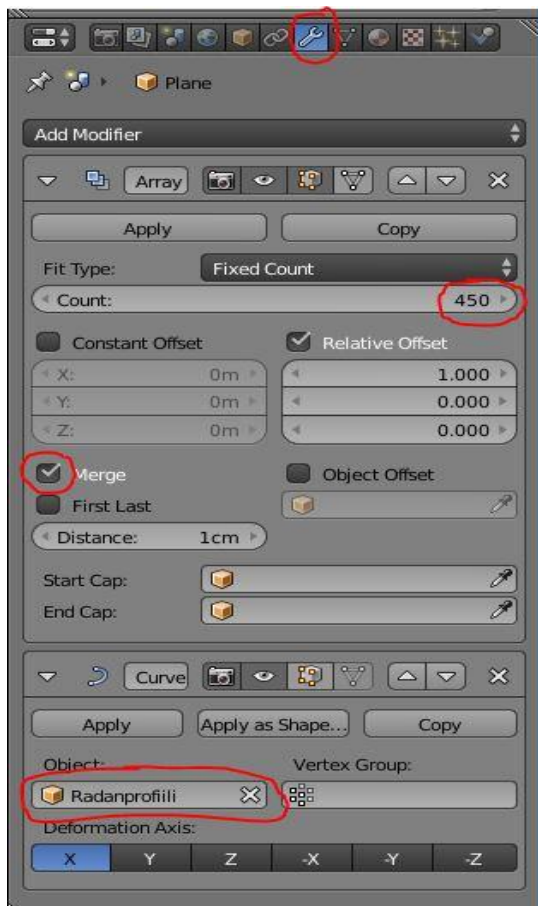


Kuva 13. Heinjoen pääradalle tehty 900m pitkä vaakageometria (Manninen 2017-09-23.)

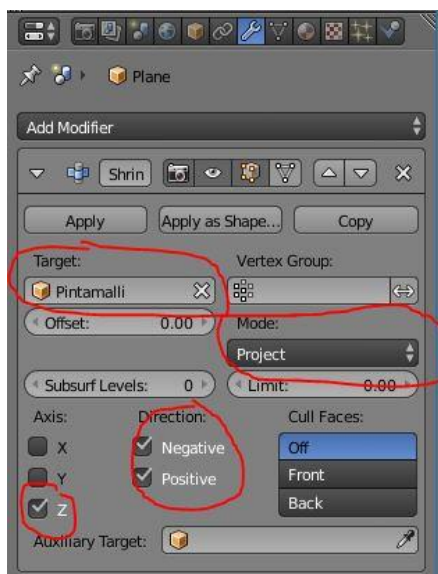
Tämän jälkeen jokaiselle polulle tein oman pintamallin (Shift+A → Mesh → Plane). X-suunnassa (pituus) mitaksi määritin 2m ja Y-suunnassa (leveys) 12m kilparadan osalta. Muissa ajoväylissä leveyden mitat määrittelin ilmakuvien perusteella. Näihin arvoihin päädyttiin X-suunnan osalta, koska laserkeilausaineistossa pisteiden keskinäinen etäisyys toisistaan oli n. 1.4m. Näin 2m pituussuuntaisella jaolla pääsin tarpeeksi lähelle tätä tarkkuutta. Y-suunnan osalta arvoon 12m päädyin, koska Heinjoen moottoriradalla yleinen leveys radalla on n. 12metriä. Seuraavaksi radan leveyssuuntaista tasoa muokkasin pienempiin osiin muokkaustilassa (TAB) loop cut toiminnolla (Ctrl+R) johon leikkausviivojen määräksi valitsin hiiren rullalla 10kpl. Tästä pienempiin osiin jakamisesta oli apua siinä vaiheessa, kun shrinkwrap toiminnolla tehtiin radan kallistuksia. Tällä tavoin väylän pintamallin sain tarkastelemaan korkeustasoa alkuperäisestä maaston pintamallista väylän leikkauspisteiden kohdalta myös keskeltä rataa ja sain paremmin radan erilaiset kallistukset esille.

Seuraavaksi muokkaus (modifiers) valikosta aktivoin ryhmä (Array) ja mutka (Curve) työkalut (Kuva 14). Ryhmäasetuksesta laskenta (count) arvoksi määritin 450, joka on n. puolet radan mitasta. Arvo 450 johtui siitä syystä, että aiemmin luotuun tasoon määritin x suunnan mitaksi 2m, jolloin siitä seuraa, että koko radan oikeaksi pituudeksi tuli 900m (450x2m). Lisäksi ryhmäasetuksista aktivoin yhdistä (merge) valinta, joka yhdisti tasot yhtenäisiksi eikä tehnyt päällekkäisiä pisteitä liitoskohtiin. Mutka-asetuksista kohteeksi (object) valitsin halutun ajoväylän vaaka geometrian. Suhteellisesta (Relative) offset asetuksesta pystytään määrittämään mihin suuntaan objektia halutaan kopioida. Ajoväylien tapauksessa haluttu suunta oli X-suunta (eteenpäin), joten arvon pidin ykkösenä. Jatkuvalle (Constant) offset arvolla pystytään määrittämään objektien välille jäävää rakoja, mutta ajoväylien luomisessa sitä ei kannatanut käyttää. Se sopii sellaiseen tarkoitukseen, mikäli esimerkiksi haluaa kopioida valaisinpylväitä tietyn välimatkan välein.

Tämän jälkeen asetukset hyväksyin apply komennolla, hyväksymällä ensin ryhmäasetukset ja sen jälkeen mutka-asetukset. Tämän saman toimenpiteen toistin kaikille eri vaakageometrioista tehdyille väylämalleille.



Kuva 14. Array ja Curve asetukset (Manninen 2017-09-23.)



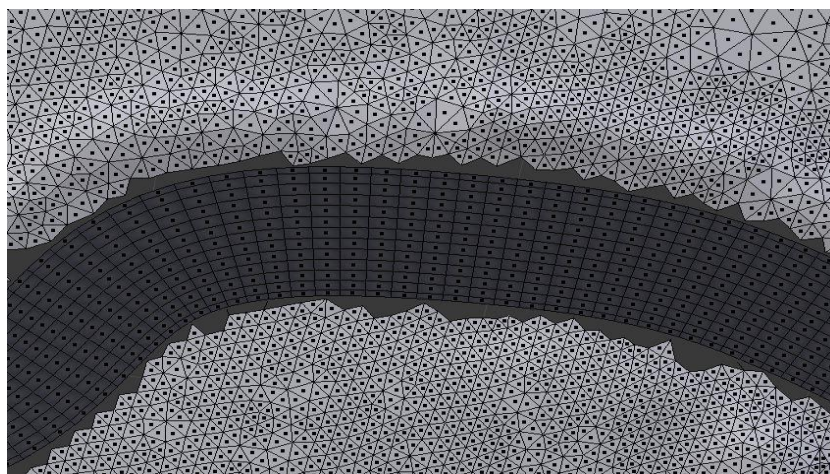
Kuva 15. Shrinkwrap asetukset (Manninen 2017-09-23.)

Tämän jälkeen ajoväylät oli muodostettu, mutta ne olivat aivan tasaisia, eikä niissä ollut ollenkaan korkeuseroja. Samaisesta muokkaus valikosta löytyvällä shrinkwrap työkalulla sain muodostettua

ajoväyliin pintamallin mukaiset kallistukset (Kuva 15). Shrinkwrap asetuksissa kohteeksi (Target) valitsin maastonpintamallin, moodiksi vaihdoin projektin (Project), akseli (axis) Z ja suuntaan (direction) aktivoitin negatiivinen ja positiivinen vaihtoehdon. Näillä asetuksilla määritettiin, että Z-akselin korkeustiedot otettiin maastomallista pintamalli ja niiden arvot saavat olla kasvavia tai laskevia. Tämän jälkeen ajoväylien kallistukset oli muodostettu pintamallin mukaisesti. Korot väylien neliöverkon leikkauspisteille oli määritetty pintamallista, jossa tarkkuus ei ole aivan huippuluokkaa. Tämän vuoksi ajoväylät olivat vielä epätasaisia. Sen seurauksena ajoväylistä luotuja uusia pintamalleja täytyi vielä käsitellä. Tasoittamisen tein myös maaston pintamalliin käytetyllä smooth vertex toiminnolla ($W \rightarrow \text{Smooth}$). Tällä kertaa arvoina käytin Repeat 15, aktivoitin vain Z-suunnan ja smoothing arvon säilytin vakiona 0.5.

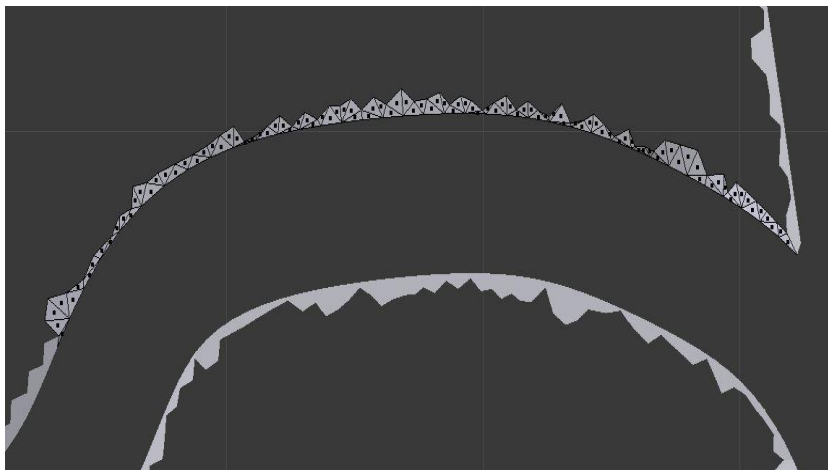
7.1.4 Väylä- ja maastomallien yhdistäminen

Ensimmäiseksi alkuperäisestä pintamallista täytyi leikata ajoväylille sopivat aukot, johon uudet väylämallit voitiin sijoittaa. Se onnistui kätevästi veitsiprojekti (knife project) työkalulla. Aluksi valitsin radasta tehdyn pintamallin hiiren vasemmalla näppäimellä ja sen jälkeen valitsin shift pohjassa maastomalli, johon aukon halusin tehdä. Sen jälkeen odotin jonkin aikaa, että tietokone teki tämän toimenpiteen. Kun toimenpide oli valmis, poistin kolmioverkon kärjet painamalla deleteä ja valitsemalla valikosta kärkipisteet (vertices) (Kuva 16).



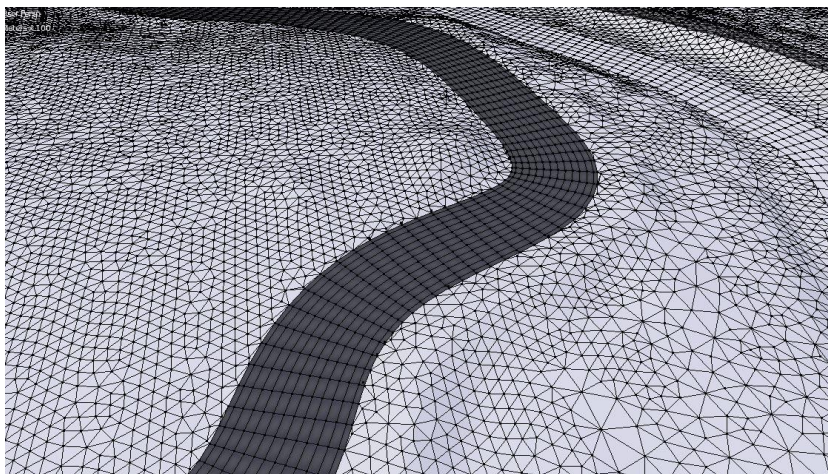
Kuva 16. Veitsi työkalulla poistettu radan vierestä maastoa (Manninen 2017-09-23.)

Tämän jälkeen valitsin tyhjiksi jääneiden alueiden reunaviivat ja f näppäimellä tein niihin omat pinnat. Nämä pinnat olivat kuitenkin pelkistä reunaviivoista muodostettuja, eikä sen vuoksi niin tarkkoja kallistuksiansa osalta. Tämän vuoksi niihin täytyi vielä muokkausvalikosta löytyvällä kolmiointi (triangulate) työkalulla tehdä kolmioverkot (Kuva 17).



Kuva 17. Uudet tasot radan vieressä. Ylempään tasoon on tehty kolmioverkot (Manninen 2017-09-23.)

Lopuksi yhdistin kaikki erilliset pinnat yhteiseksi pintamalli tasoksi valitsemalla kaikki ajoväylistä, reuna-alueista ja maastosta tehdyt pintamallit. Yhdistäminen onnistui valitsemalla kaikki halutut tasot ja painamalla ctrl pohjassa J-näppäintä. Kun alueet oli yhdistetty (Kuva 18), yhteisestä pintamallista poistin päällekkäiset pisteet käyttämällä poista tuplat (remove doubles) työkalua arvolla 0,1mm, joka poisti vierekkäiset pisteet 0,1mm etäisyydeltä toisistaan.



Kuva 18. Lopullista verkkoa pintamallissa Blenderissä (Manninen 2017-09-23.)

7.2 Mallin visualisointi

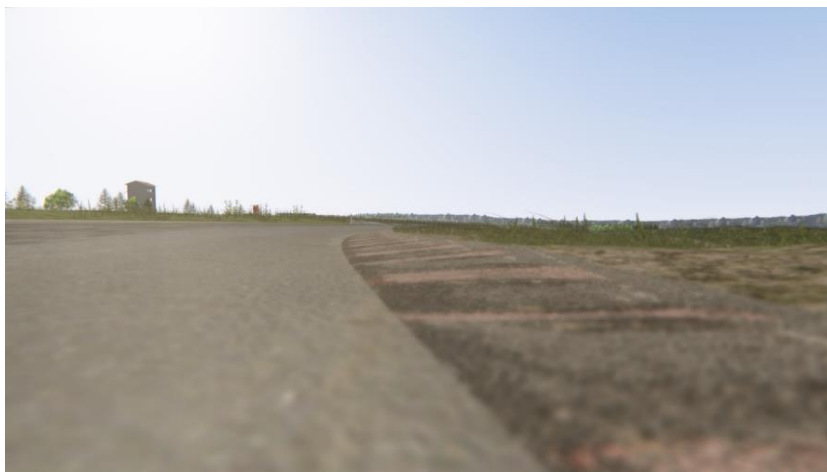
Visualisoinnissa pyritään saamaan asioihin selkeyttä, helpottamaan ymmärtämistä ja havainnollistamaan paremmin asioita. Tämän vuoksi kaikilla hankkeen osapuolilla on yhtenäinen näkemys suunnitelmista. Hyvin onnistunut visualisointi on melkein aina nostanut työn tuloksen laatua (Sireeni 2009, 68-69.)

Heinjoen rata-alueelta löytyi paljon yksityiskohtia, joita halusin tähän työhön mallintaa (esim. kaiteet, aidat, kasvillisuus, tuomaritorni ja muut rakennelmat). Mallintaminen näissä yksityiskohdissa tapahtui lukuunottamatta kanttikiviä, että ensimmäiseksi objekti mallinnettiin omaan tiedostoon. Nämä tiedostot lisättiin sitten lopulliseen mallinnukseen. Tällä tavoin jokaisesta objektista saataisiin

luotua helposti työkuvat tuotantoon tai vaikkapa 3d tulostimeen. Lisäksi tässä tavassa etuna oli, että kertaalleen mallinnetut objektit sain helposti järjesteltyä omaan mallikirjastoon myöhempiä mallinnustöitä varten. Omiin tiedostoihin mallinnettuja objekteja tuodessa projektiin, kannatti kopioida myös tekstuurit projektin omaan tekstuuri kansioon, koska Assetto Corsa SDK osaa .fbx tiedostoa avatessa hakea ne suoraan vain sieltä.

7.2.1 Kanttikivet

Rataa reunustavat kanttikivet mallinsin poistamalla ensiksi ajoradan vierestä maastoa, jolle kanttikivi alue ulottuu maastotasolla (Delete → Faces). Tämän jälkeen siirryin ratatasolle, josta aktivoin kaikki reunaviivat, jotka reunustavat ensiksi tehtyä aukkoa. Kun reunaviivat oli aktivoitu niin uudet tasot sain venytettyä aukon päälle purista alue (Extrude region) -toiminnolla (E). Seuraavaksi radasta kauempana olevaa kanttarinreunaa nostin 13cm radanpintaa korkeammalle. Tämän jälkeen kaikki uudet pinnat aktivoitiin, jotka oli tehty kanttikiviä varten. Aluksi ne siirsin omalle tasolle Separate selection -toiminnolla (P → Selection). Ja sen jälkeen aktivoin shift pohjassa juuri tehdyn kanttikivitason ja maastotason, johon aiemmin tein aukon. Nyt erillään olevien tasojen pisteet yhdistin yhtenäisiksi laittamalla ensiksi Snap vertex -toiminto (Shift + Tab) päälle, jolla pisteet sain liimautumaan toisiinsa, kun ne olivat tarpeeksi lähellä toisiaan. Sen jälkeen siirrä (translate) -toiminnolla (T) siirsin pisteet kohdakkain, jotta tasoista tuli yhtenäiset. Huomioitavaa pisteiden siirrossa oli se, että maastossa olevat pisteet kannatti siirtää kanttikivien pisteisiin, jotta aiemmin määritetty 13cm korkeusero säilyy. Ja lopuksi lopullinen kanttikivi siirrettiin omalle tasolle Separate -toiminnolla (P → Selection) ja teksturoitiin kanttikivi (Kuva 19).



Kuva 19. Tekstuuroitu kanttikivi (Manninen 2017-10-01.)

7.2.2 Tuomaritornin mallintaminen Revitillä

Tuomaritornin mallintamiseen päätin käyttää Revit 2018:sta. Tuomaritorni olisi ollut mahdollista mallintaa myös Blenderillä, mutta päätin kokeilla tässä työssä kuinka eri ohjelmistoilla tehtyjen mallinnuksien yhdistäminen onnistuu.

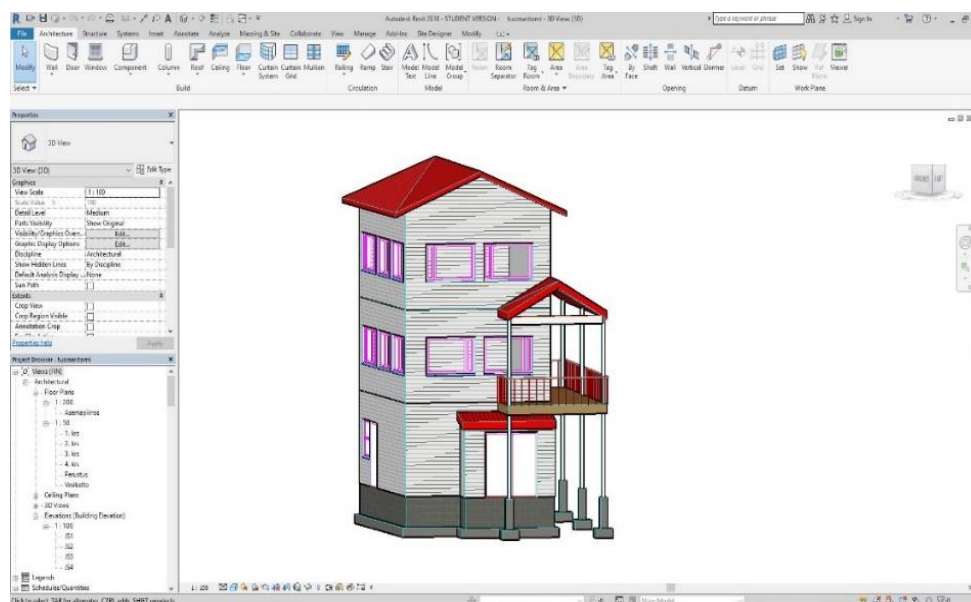
Mallintamisen Revitillä aloitin luomalla aluksi uuden projektin (File → New → Project).

Mallitiedostoksi valitsin aiemmin opinnoissa tutuksi tulleen RAC_FIN2012_aloituspohjan. Siihen oli

valmiiksi määritelty erilaisia näkymiä, jotka helpottivat työskentelyä. Lisäksi aloituspohjaan oli lisätty valmiiksi joitakin objektien luonnosmalleja, joita pystyin hyödyntämään mallintamisessa.

Tuomaritornin mallintamiseen käytin valmiita luonnosmalleja seinä, ikkuna ja ovi työkaluista. Tarkempia rakenteita en rakennuksen eri osille määrittänyt. Sillä tärkeintä tuomaritornin mallintamisessa oli, että rakennus näyttää ulkoisesti oikealta (Kuva 20). Tämän vuoksi tyydyin lähinnä muuttamaan ikkunoissa mittoja oikean kokoisiksi.

Lopuksi kun tuomaritornin mallintaminen oli valmistunut, tallensin työn IFC muodossa (File → Export → IFC). Tallennusasetuksissa käytin asetuksena IFC 2x3 Coordination View 2.0. Tällä asetuksella tallennettu tiedosto aukesi hienosti Blenderin import IFC toiminnolla (File → import → .ifc). Blenderin tuontiasetuksissa aktivoin käytä kokonaisia nimiä (use entity names) kohdan, koska tällä valinnalla rakennuksen osien nimet eivät vaihtuneet numeraaliksi arvoiksi, vaan pysyivät selkeästi nimettyinä.



Kuva 20. Revitillä mallinnettu tuomaritorni (Manninen 2017-10-13.)

7.2.3 Kasvillisuuden mallintaminen

Puiden ja kasvillisuuden mallintamisessa ei ole pyritty mallintamaan jokaista kohdetta. Tärkeintä oli, että sain määrittelyä alueet, joissa on puita ja muuta kasvillisuutta. Näin pyrin tuomaan todellisuuden tuntua mallinnukseen. Puut sekä muu kasvillisuus voidaan mallintaa monella tavalla, mutta tässä työssä kasvillisuus päädyin mallintamaan ne hyvin yksinkertaisella tavalla. Tässä tavassa malliin ei tehty kuin Y-muotoinen objekti, joka kauempaa ja liikkeessä katsottuna näyttää aivan luonnollisen näköiseltä. Tällä tavoin sain pidettyä kasvillisuuden tuomaa rasiutusta tietokoneelle mahdollisimman pienenä verrattuna, jos olisi mallintanut kaikkiin puihin omat oksat.

Kasvillisuuden mallintamisen aloitin etsimällä sopiva kuva halutusta kasvillisuuslajista. Ja tämän jälkeen avasin kuvan Gimp kuvankäsittely ohjelmalla. Gimpillä aktivoin taikasauva työkalulla (U)

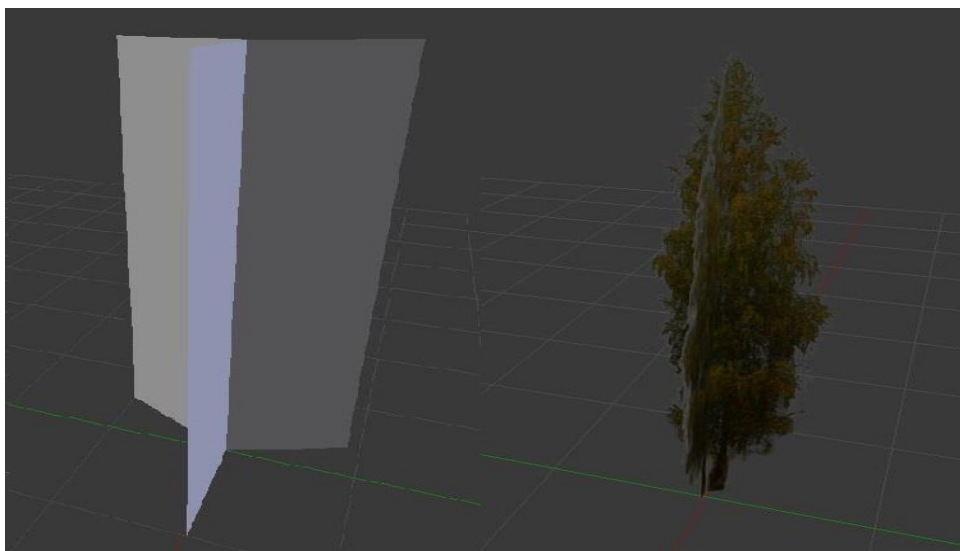
esim. puuhun kuulumattoman alueen. Kun alue oli aktivoitu, maalasin sen ämpäryökalulla (Shift+B) valkoiseksi. Tämän jälkeen ylävalikosta avasin värit valikko, josta valitsin Väri → Alfa työkalun. Tällä työkalulla valkoinen väri saatiin muutettua alfakanavaksi. Alfakanava muuttui muutoksen jälkeen musta/harmaaksi ruudukoksi (Kuva 21). Lopuksi muokatun kuvan tallensin .dds muotoon, vie nimellä -työkalulla (Shift+Ctrl+E).



Kuva 21. Alfakanavoitu tekstuuri (Manninen 2017-10-10.)

Seuraavaksi Blenderissä avasin uuden työn ja siihen tein y:n muotoisen yhtenäisen objektin (Kuva 22). Tämän jälkeen objektille loin uuden materiaalin. Materiaalin nimesin materiaaliasetuksista esim. Puu1Mat:ksi. Materiaaliasetuksien heijastustehosteet (specular) valikosta intensiteetti arvo määritin nollaksi, jolla sain heijastumaa materiaalista pois. Tämän jälkeen läpinäkyvyys (transparency) valikosta aktivoin Z läpinäkyvyyden ja määritin sen alpha arvon nollaksi, tällä tavoin alphakanava saatiin tehtyä läpinäkyväksi.

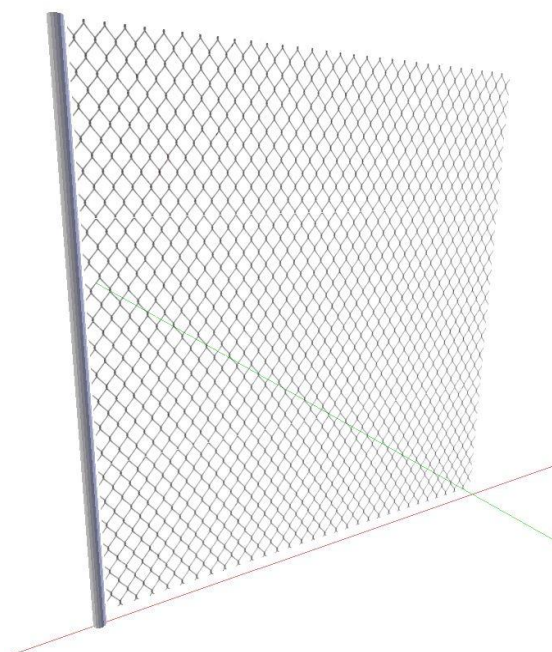
Tekstuuriasetuksissa nimesin tekstuurin esim. Puu1Tex:ksi. Tekstuurin tyyppiä valitsin kuvatiedoston. Tämän jälkeen tekstuurina pystyi käyttämään mitä tahansa haluamaansa kuvatiedostoa. Tekstuurit kuitenkin kannattaa olla .png tai .dds muodossa, jota Kunos Simulazioni suosittelee ongelmien välttämiseksi. Seuraavaksi tekstuuri asetuksissa vaikutus (influence) valikosta aktivoin alphakanavan ja sen arvon säilytin ykkösenä. Tämän jälkeen painoin alt+z, jonka jälkeen objekti näkyi teksturoituna tekstuuritilassa.



Kuva 22. Vasemmalla: Tekstuuroimaton y:n muotoinen objekti. Oikealla: Tekstuuroituna (Manninen 2017-09-27.)

7.2.4 Kaitteet ja verkkoaidat

Kaiteissa ja verkkoaidoissa mallinsin aluksi vain ”yksikkömallin”, eli vain yksi tolppa-/elementtiväli. Esimerkiksi verkkoaidasta luotiin vain yksi tolppaväli jättämällä mallintamatta toinen tolppa (Kuva 23), jotta mallia hyödyntäessä ryhmätyökalulla ei tule kahta tolppaa päällekkäin. Mallit toin lopulliseen mallinnukseen liittämisen (Append) -toiminnolla (Shift + F1). Tämän jälkeen aita-/kaidelinjoille tein omat polut (Shift+A → Curve → Path). Poluille pystygeometrian määritin shrinkwrap-työkalulla maastomallista. Ryhmätyökalulla (Array) määritin, kuinka monta yksikköä tulee olla peräkkäin ja mutka (curve) työkalulla määritin, mitä polkua yksiköt seuraavat. Tarkemmin asetuksien vaikutuksista on kerrottu aiemmin tämän opinnäytetyön kappaleessa 7.1.3 Rataprofiilien tekeminen.



Kuva 23. Verkkoaita ilman toista tolppaa (Manninen 2017-10-01.)

8 MALLINNUKSEN KÄÄNTÄMINEN AJOSIMULAATTORIIN

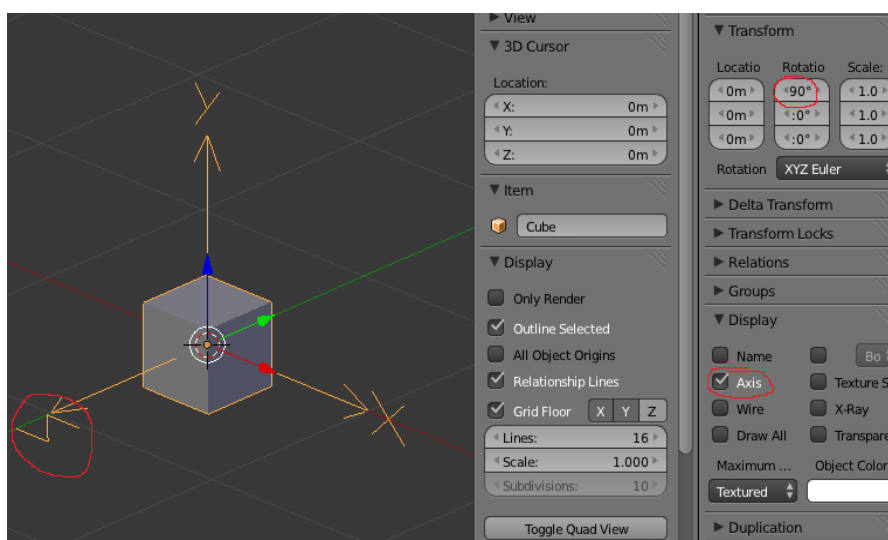
Mallin kääntämisessä oli kaksi vaihetta. Käännöksen ensimmäinen vaihe oli viimeistellä malli mallinnusohjelmistossa. Tähän kuului ajanottopisteiden, lähtö- ja varikkopaikkojen määrittäminen sekä objektien ja tasojen nimeäminen oikein. Ensimmäisen vaiheen loppuun mallinnus tallennettiin .fbx muotoon, jotta päästiin käännöksen toiseen vaiheeseen.

Toisessa vaiheessa mallinnus viimeisteltiin tekstuurien osalta Assetto Corsa SDK:lla, jossa säädettiin materiaalien lopullisia heijastuksia, varjoja ja värisävyjä. Tällä tavoin pystyin parantamaan työn graafista ulkoasua. Kun säädöt oli tehty, tallennettiin käsitelty Heinjoen moottorirata .kn5 muotoon. Tämän jälkeen rataa päästiin koeajamaan ajosimulaattori Assetto Corsalla. Koeajon jälkeen määriteltiin vielä tietokoneelle ajolinjat sekä uusintoihin kamerapisteet, jotta rataa pystytään ajamaan myös tietokonetta vastaan ja uusintoissa käytettävät kamerat toimisivat oikein.

8.1 Mallin viimeistely mallinnusohjelmistossa

8.1.1 Ajanottopisteiden, lähtö- ja varikkopaikkojen määrittäminen

Ajanottopisteiden, lähtö- ja varikkopaikkojen objektit tein luomalla tyhjän tason (Create→ Empty). Objektin tekemisessä oli huomioitava, että Z-akseli osoittaa objektissa maanpinnan mukaisesti eteenpäin ja Y-akseli ylöspäin. Akselien suunnan muuttaminen onnistui, kun laittoi Object→ Display valikosta akseleiden nimet näkymään ja tämän jälkeen kierto (rotation) kohtaan määritin X:n arvoksi 90 astetta (Kuva 24). Tämän jälkeen objekteja kopioin tarvittavan määrän (Shift + D). Tällä tavoin jokaiseen objektiin ei tarvinnut erikseen kääntää akselia. Lopuksi objektit vielä nimettiin ja siirrettiin oikeisiin sijainteihinsa mallinnuksessa.



Kuva 24. Käännetty akselisto Blenderissä (Manninen 2017-10-13.)

8.1.2 Objektien nimeäminen

Tasot täytyi nimetä oikealla tavalla, jotta ne toimisivat ajosimulaattorissa oikein. Kilparadan osalta tien nimesin nimellä XROAD ja varikkoalueen alueet XPIT:ksi. Lisäksi radan ympäristössä oli sorateitä, jotka nimesin nimellä XGRASS. Varikolle johtavan sorapäällysteisen tien nimesin XPITGRAVEL:ksi. Hiekka-alueet nimesin XSAND:ksi ja muun maaston nimellä XGRASS. Kanttarit nimesin XKERB:ksi. Näiden kaikkien vaakapintojen osalta tein tarkempia kitka- ja nimimäärittäyksiä surfaces.ini tiedostoon.

Rakennukset, kaiteet ja muut rakennelmat, joiden läpi ei pysty ajamaan nimesin XWALL eli seiniksi. Kartiot joiden läpi haluttiin, että voidaan ajaa nimesin XKARTIO:ksi. Edellä mainituissa tavoissa X-arvot voitiin korvata haluamalla numeroarvoilla. Tässä työssä käytin numeroarvoja, jotka ovat alle 999.

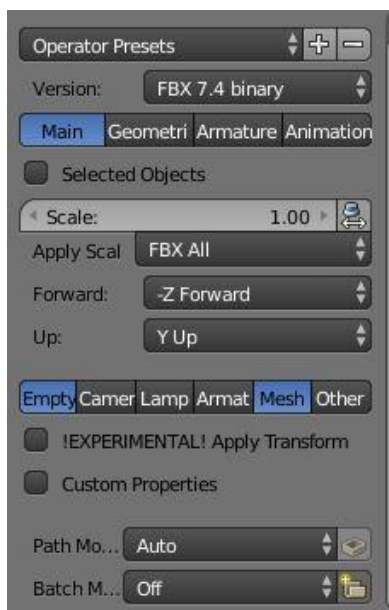
Puut ja pensaat nimesin KSTREE_GROUP_”mikätahansanimi”_X nimellä. Jossa ”mikätahansa” nimi korvattiin puun tai pensaan lajilla, kuten esimerkiksi kuusella ja X halutulla numerolla. Matalammassa kasvillisuudessa, kuten ruohossa käytin nimiä grass_”mikätahansanimi”_KSLAYER3. Arvo 3 pystyttiin korvaamaan numeroarvoilla väliiltä 1-5, jossa arvo yksi tarkoitti heikointa ja arvo 5 suurinta grafiikka-asetusta Assetto Corsassa, joilla kasvillisuus tulisi näkymään. Tästä määrittäyksestä oli apua, jotta mallia voitiin optimoida toimimaan myös pienempi tehoisilla tietokoneilla.

Lähtöviivan vasemman reunan objektin nimesin AC_TIME_0_L:ksi ja oikean reunan objektin AC_TIME_0_R. Samalla tavalla pystyin määrittämään lähtöviivan lisäksi myös kaksi muuta ajanottopistettä radalle, joissa vain 0-arvot korvattiin arvoilla 1 ja 2.

Hotlap- modin lähtöpaikan määritin nimellä AC_HOTLAP_START_0. Lähtö- ja varikkoruutujen sijainnit määritin nimillä AC_START_X ja AC_PIT_X. Lähtö- ja varikkoruuduissa X-arvot täytyi aloittaa arvosta 0, jossa nolla kuvaa ensimmäistä ruutua. Tämän jälkeen lisättiin ruutuja arvoilla 1,2,3 jne.

8.1.3 Vienti FBX muodossa

Lopuksi Blenderillä tehdyn mallin tallensin .fbx muodossa, jotta sen pystyi avaamaan Assetto Corsa SDK:lla (File → Export → FBX). Tallennusasetuksissa oli tehtävä seuraavia valintoja (Kuva 25). Valitut objektit (Selected objects) valinnalla pystyi määrittämään mikäli olisi haluttu tallentaa vain jokin tietty taso mallista, mutta tässä työssä halusin tallentaa kaikki olemassa olevat tasot, joten sitä ei aktivoitu. Skaalausarvon säilytin arvossa 1.00, mutta aktivoin sen perässä oleva kahdensuuntaisen nuolen, jolloin se muuttui vaaleammaksi harmaaksi. Tällä tavoin mallissa säilytettiin suhde 1:1. Sovelletaan skaalaa (Apply Scal) -arvon vaihdoin kaikki fbx:ssä (FBX all) arvoksi, tällä sain pidettyä mittasuhteita oikeana. Loppuun vielä aktivoin tyhjän (empty) ja verkko (mesh) valinnat. Näillä sain suodatettua minkä tyyppiset tasot työstä halusin tallentaa.

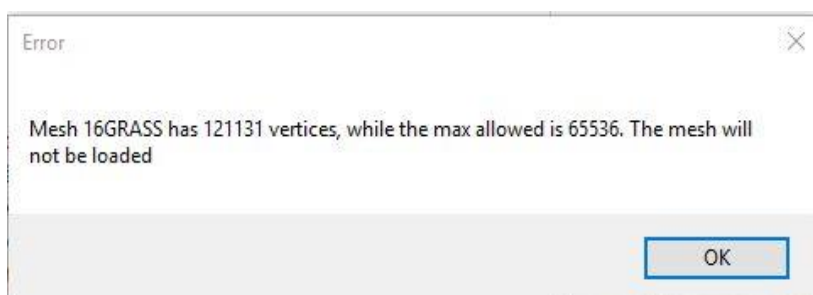


Kuva 25. Fbx vientiasetukset Blenderissä (Manninen 2017-10-02.)

8.2 Mallin käsittely Assetto Corsa SDK:lla

Kun työ oli tallennettu .fbx muotoon, niin se oli valmis avattavaksi Assetto Corsa SDK:lla (File → Open FBX). Tiedoston latautumiseen meni muutamia minutteja ennen kuin työ avautui ohjelmaan. Latausajassa saattaa kuitenkin olla eroavaisuuksia riippuen tietokoneen suorituskyvystä.

Ennen tiedoston avaamista kannattaa kuitenkin vielä varmistaa, että missään yksittäisessä tasossa ei ole yli 65 536 kärkipistettä, koska tällöin latausaika pitenee huomattavasti ja lopuksi tuli virheilmoitus, että tasoa ei voida ladata (Kuva 26). Kärkipisteiden lukumäärä oli helppo tarkistaa Blenderissä aktivoimalla taso ja laskemalla yläreunassa näkyvät Verts, Faces ja Tris arvot yhteen.



Kuva 26. Virheilmoitus liiasta kärkien määrästä (Manninen 2017-09-21.)

Kun mallinnus oli auennut Assetto Corsa SDK:ssa, niin se näytti todella tummalta. Se johtui vakioarvona olevasta pilvisestä säästä ja päällä olevasta musta/valko tilasta. Joten ensimmäiseksi vaihdoin illumination välilehdeltä sää asetuksen kirkkaaksi (clear) ja PPfx-arvon vakioksi (default).

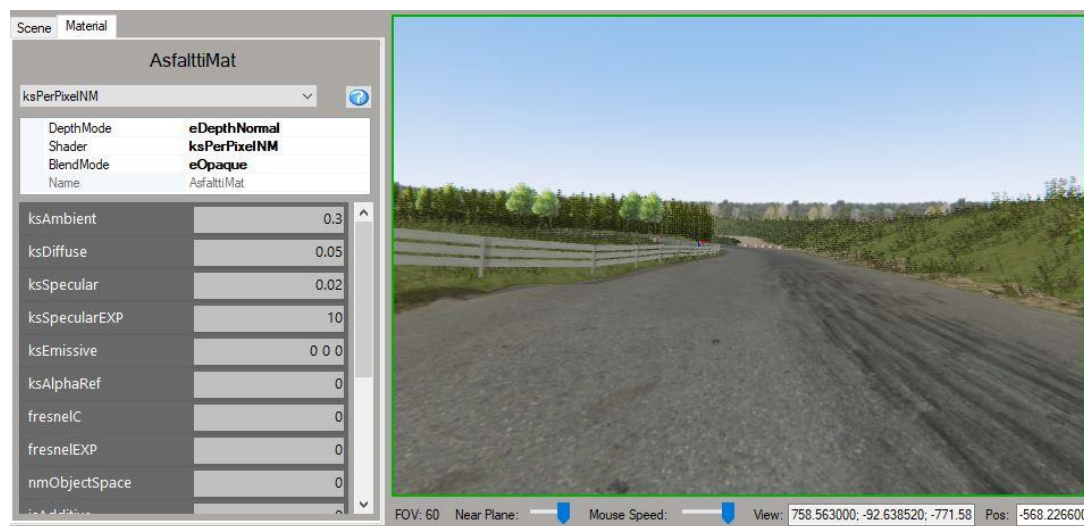
8.2.1 Tekstuurihienosäätö

Työn mallinnusvaiheessa tekstuurihienosäätöä ei säädetty sen tarkemmin. Valitsin vain käytettävät tekstuurit, jotka oli vielä mahdollista määrittää uudelleen tässä vaiheessa. Tässä

vaiheessa työtä tekstuurit säädin niiden lopullisiin sävyihin. Asetuksissa oli erilaisia vaihtoehtoja ja seuraavaksi on selostettu yleisimmät säädöt.

KsAmbient -arvolla määritettiin taustavaloa. KsDiffuse -arvolla määritettiin heijastuksen määrää. KsSpecular -arvolla säädettiin heijastustehosteita. KsSpecularEXP -arvolla voitiin määrittää tekstuurin karkeutta. KsEmissive -arvolla pystyttiin määrittämään punaisen, sinisen ja vihreän sävyjä. KsAlphaRef -arvolla voitiin määrittää kasvillisuuden varjojen kokoa.

Väyliä, maaston, puu-, metalli- ja betoniosien tekstuureissa käytin sävystimenä (shader) ksPerPixelNM:ia. Kyseisellä sävystimellä sain tekstuureihin lisättyä normalmap kuvatiedoston. Tämän avulla pystyin pitämään pintojen geometrian pienenä ja sen myötä mallin kevyenä, mutta silti saamaan tekstuureihin elävyyttä ja yksityiskohtia. Lisäksi näistä säädin ksAmbient, ksDiffuse ja ksSpecular -arvoja, joille hyvät perusmääritykset olivat 0,3, 0,05 ja 0,02.



Kuva 27. Asfaltin tekstuurin asetukset Assetto Corsa SDK:ssa (Manninen 2017-10-10.)

Puustossa, pensaissa ja ruohossa käytin sävystimenä ksTree arvoa (Kuva 27). Tällä sävystimellä sain kuvankäsittelyohjelmassa tehdyt alpha kanavat läpinäkyviksi. Puustossa ja pensaissa valitsin ksAlphaRef arvoksi 0,5, jolla varjot näyttivät omasta mielestäni hyviltä. Ruoholle valitsin arvoksi 1, jolla sain varjot häviämään kokonaan. Varjojen hävittämiseen päädyin, koska ruohot oli tehty yksittäisistä tasoista, eikä niistä syntyneet varjot näyttäneet luonnollisilta. Lisäksi säädin myös ksAmbient, ksDiffuse ja ksSpecular -arvoja joissa päädyin samoihin arvoihin kuin aiemmissa perusmäärityksissä.

Verkkoaidoissa sävystimenä käytin ksPerPixelAT:ta ja tämän lisäksi vaihdoin BlendMode:n eAlphaTest:ksi muissa valinta oli eOpaque. Tällä tavoin sain verkkoaidan näkymään oikein. Tässäkin käytin muissa asetuksissa aiemmin mainittuja perusmäärityksiä.

Kun tekstuurit oli säädetty kuntoon, työ tallennettiin (File → Save KN5 → Track). Tämän lisäksi tallensin myös tekstuureille Assetto Corsa SDK:ssa tehdyt asetukset (File → Save Persistence), jotta

niitä pääsisi tarvittaessa helposti muuttamaan. Tämän jälkeen rata oli valmis testattavaksi Assetto Corsassa hotlap –tilassa

8.2.2 Tietokoneen ajolinjat

Tietokoneen simuloimille kuljettajille oli tehtävä ajolinjat, jotta tietokonetta vastaan pystytään ajamaan sekä uusintojen kamerat saadaan toimimaan oikealla tavalla. Ajolinjojen nauhoittaminen onnistui, kun ensimmäiseksi aktivoitin Assetto Corsasta kehitystyökalut. Aktivoinnin tein muuttamalla ENABLE_DEV_APPS arvo 1:ksi. tiedostosta assetto_corsa.ini, joka löytyi kansioista \\Steam\steamapps\common\assetto corsa\system\cfg.

Tämän jälkeen käynnistin Assetto Corsan hotlap modissa. Kun rata oli avautunut, vein tietokoneen hiiren näytön oikeaan reunaan ja sieltä avautui piilossa oleva sovellusvalikko, josta avasin AI sovelluksen (Kuva 28).

Varikkopysähdyksen ajolinjan määritin aloittamalla nauhoittamisen ollessani varikkoruudussa painamalla start pits. Tämän jälkeen ajoin kokonaisen kierroksen ja palasin varikkoruutuun. Kierroksen loputtua lopetin nauhoittamisen painamalla stop recording. Tämän jälkeen tallensin vielä kokonaisen kierroksen kilparadalla. Tämä tapahtui ajamalla lähtöviivan tuntumaan, jonka jälkeen laitoin nauhoituksen päälle (start recording) ja ajoin kokonaisen kierroksen. Jostain syystä kun kierros oli ajettu nauhoituksen pysäyttäminen (stop recording) ei toiminut, vaan ajettu kierros täytyi lopettaa suoraan tallentamalla painamalla SAVE ai.



Kuva 28. Ajolinjojen tallennus sovellus (Manninen 2017-10-10.)

Tämän jälkeen menin radan omaan kansioon polkuun

`\Steam\steamapps\common\assetto corsa\content\tracks\heinjoki\ai` ja nimesin tiedostot uudelleen (`fast_lane.ai.candidate` → `fast_lane.ai` ja `pit_lane.ai.candidate` → `pit_lane.ai`).

8.2.3 Kameroiden sijaintien määrittäminen

Kamerat määritin Assetto Corsa SDK:sta löytyvällä Track Cameras välilehdeltä. Määrittäminen tapahtui etsimällä radalta kameralle sopiva sijainti ja painamalla tämän jälkeen lisää tähän ([add here](#)). Sen jälkeen vasemman puoleiseen lokerikkoon ilmestyi UNNAMED -niminen objekti. Se aktivoitiin ja nimettiin se uudelleen haluamalla tavalla. Tämän jälkeen kamera-asetuksissa määritettiin paalut eli välimatkat joilla kamerat kuvaavat ja kuinka lähelle kamerat tarkentavat. Kun kaikki kamerat oli lisätty, kameratiedosto tallennettiin kansioon `\Steam\steamapps\common\assetto corsa\content\tracks\heinjoki\data` nimellä `cameras.ini` (Tracks Cameras → Save).

9 TULOKSET

9.1 Tiedostot

Työstä valmistui mrtm_heinjoki kansio, joka asennetaan Assetto Corsan rata (tracks) kansioon. Päädyin lisäämään nimeni etukirjaimet mrtm kansion nimen alkuosaan, mikäli radasta tulee eri tekijöiden versioita. Tämän avulla jo kansion nimestä voi päätellä kuka kyseisen version on tehnyt. Esimerkiksi Assetto Corsan tekijä Kunos Simulazioni on alkanut käyttämään radoissaan etuliitettä ks_.

Työstä valmistuneen kansion mrtm_heinjoki juurikansio sisälsi tiedostot map.png, mrtm_heinjoki.kn5 sekä mrtm_heinjoki_v1.0.txt tekstitiedoston. Map.png on karttatiedosto, joka näkyy radalla ajaessa, mikäli näin haluaa. Mrtm_heinjoki.kn5 on Assetto Corsa SDK:lla tehty tiedosto, joka sisältää alueen mallinnuksen, johon on sisällytetty tekstuuritiedostot, joten erillistä tekstuurikansiota ei enää tässä vaiheessa tarvita. Lisäksi tein mrtm_heinjoki_v1.0.txt tekstitiedoston, josta selviää tämän hetkisen radan versio sekä versiohistoria mahdollisista virhekorjauksista julkaisun jälkeen. Tämän lisäksi kyseiseen tekstitiedostoon ilmoitin mallintamiseen käytetyt lähdeaineistot, jotka olivat tässä tapauksessa maanmittauslaitoksen aineistoa.

Tiedostojen lisäksi valmistunut kansio sisältää alikansiot ai, data ja ui. Alikansio Ai sisälsi tietokoneen ajolinja tiedostot fast_lane.ai ja pit_lane.ai. Datakansioon tuli määrittelytiedostot ai_hints.ini, cameras.ini, crew.ini, ideal_line, map.ini ja surfaces.ini. Ai_hints.ini tiedostossa pystyi säätämään ai kuljettajien vauhtia radan eri kohdissa. Cameras.ini tiedosto sisälsi uusinnoissa käytettävien kameroiden nimet, sijainnit, kuvausajan ja kuvauksessa käytettävien kameroiden asetuksia. Crew.ini tiedostoon määritin varikkohenkilöiden suunnan varikkoruuduissa. Ideal.line.ai tiedosto on kopio fast_lane.ai tiedostosta ja sillä määritin optimaalisen ajolinjan radalla. Surfaces.ini tiedosto sisältää maaston eri pintojen materiaalien määrittelyt. Kyseisellä tiedostolla määritin pintojen kitka, ääni, pölyn muodostumiseen ja ohjauksen tuntumaan vaikuttavia määrittelyksiä. Ui kansio sisälsi outline.png, preview.png ui_track.json tiedostot. Outline.png tiedosto on kartta radasta ja preview.png yleiskuva radasta, jotka näkyvät valittaessa rataa Assetto Corsan ratavalikossa. Ui_track.json tiedosto sisältää radan perustietoja kuten nimen, leveyden, sijainnin, pituuden ja varikkopaikkojen määrän, jotka näkyvät myös ratavalikossa.

Näiden lisäksi työssä valmistui tiedostot mrtm_heinjoki.blend, joka on Blenderin natiivitiedosto mallinnuksesta ja mrtm_heinjoki.fbx, joka on mallinnustiedosto tallennettuna Blenderillä Assetto Corsa SDK:lla avattavaksi. Fbx tiedostot voidaan avata myös kaupallisen Autodeskin tuotteilla, kuten mallinnusohjelmisto 3ds Maxilla. Lisäksi työstä valmistui tuomaritorni rakennuksesta Revit tiedosto tuomaritorni.rvt sekä sen .ifc versio, jonka avulla se vietiin Blenderin natiivi tiedostoon. Lisäksi oli texture kansio, josta mallinnusohjelmistot osasivat hakea työssä käytetyt tekstuurit.

9.2 Kuvia

Valmiista tuotoksesta otettuja kuvia, jotka ovat otettu Assetto Corsan kuvaustilassa. (Kuva 29-34).



Kuva 29. Ilmakuva etelästä päin kuvattuna. Oikeassa reunassa näkyvät lähtöpaikan rakennukset (Manninen 2017-11-16.)



Kuva 30. Ilmakuva pohjoisesta päin kuvattuna. Alueen ympäristön maaston tekstuuroinnissa on käytetty Maanmittauslaitoksen ilmakuvaa (Manninen 2017-11-16.)



Kuva 31. Etusuora katsomosta kuvattuna ja taustalla näkyv tuomaritorni. (Manninen 2017-11-16.)



Kuva 32. Kolmosmutka (Manninen 2017-11-16.)



Kuva 33. Takasuora. Vasemmalla näkyy tuomaritorni (Manninen 2017-11-16.)



Kuva 34. Viimeinen mutka (Manninen 2017-11-16.)

10 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä sain mallinnettua Heinjoen asfalttisen moottoriradan ja sen lähiympäristöä. Työssä tehdyn mallinnuksen sain käännettyä ja testattua kilpa-ajosimulaattori Assetto Corsassa toimivaksi.

Työ kasvatti valmiuksiani mallintamiseen liittyvissä tehtävissä. Työ kasvatti minua myös tiedon etsimisessä sekä sen käsittelyssä. Se auttoi ymmärtämään kuinka tarkasti kohteita on mahdollista mallintaa ja kuinka monella eri tavalla mallinnuksia on mahdollista myöhemmin hyödyntää.

Lähtöaineistossa tässä työssä oli haastavinta, koska se ei ollut aivan ajantasalla laserkeilausaineiston ja ilmakuvienv osalta. Radan kohdalta aineisto oli kuitenkin sen verran kohdillaan, että sillä sai radan profiiliin vastaamaan hyvin nykytilaa. Tämän vuoksi tyydyin ympäristössä olevia korkeuseroja muokkaamaan pintamalliin valokuvien perusteella. Opinnäytetyötä tehdessä oli haastavaa myös saada kirjoitettua mallintamisesta tehtyjä asioita ymmärrettävään muotoon, sillä työtä tehdessä esiintyi jonkin verran englanninkielisiä termejä, joille en löytänyt järkeviä suomennoksia.

Työ vei paljon aikaa, mutta mielenkiinto työssä säilyi kuitenkin kokoajan hyvänä. Välillä tuntui, että mitään näkyvää ei juurikaan saanut aikaan pitkässäkin ajassa. Tämä tunne johtui siitä, että Blender oli hieman vieras ohjelma, joten etsin ja kokeilin erilaisia tapoja tehdä mallintamista sillä. Kuitenkin löydettyäni toimivat työskentelytavat työn toteuttamiseen, alkoi työkin edetä rivakasti. Pysyin koko työn ajan opinnäytetyönsuunnittelu vaiheessa tekemässäni aikataulussa ja sain työn valmistumaan aikataulun mukaisesti.

Viime vuosina virtuaalilasit ovat tulleet kauppojen hyllyille ja niitä on jo alettu hyödyntämään peliteollisuudessa. Virtuaalilasien avulla voidaan autoja ajaa virtuaalitodellisuudessa ja päästä niissä voidaan kääntää katsoakseen ympärilleen aivan kuin todellisuudessaakin. Ajosimulaattoreihin voidaan mallintaa oikeita kaupunkeja ja niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi kuljettajakoulutuksessa. Ajosimulaattoreihin mallintamisen avulla voidaan vähentää kuljettajakoulutuksessa syntyviä kustannuksia ja päästöjä.

Vaikka pelimallintaminen ei varsinaisesti koulutusohjelmaani kuulunut, niin itse mallintaminen oli hyvin samankaltaista kuin koulutusallani. Tässä työssä havaitut erot mallintamisen suhteen olivat lähinnä nimeämisessä. Esimerkiksi Revitillä mallinnettu tuomaritorni oli helppo siirtää Blender-malliin ja lopuksi kääntää Assetto Corsassa toimivaksi. Kääntämiseen ei tarvittu muuta kuin yhdistää tuomaritornin kaikki tasot (ikkunat, ovet, seinät) yhdeksi ja nimetä malli uudelleen Assetto Corsan vaatimuksien mukaisesti. Tässä työssä tehty mallinnus vastaa pitkälti inframallintamisen esittelymallia, jolla pyritään havainnollistamaan hankkeita eri osapuolille. Tässä mielestäni olen onnistunut ja mallinnuksesta voisi hyvinkin nähdä, miltä rata tulisi näyttämään mikäli sitä ei olisi tehty.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- Kuopionua.fi. i.a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <http://www.kuopionua.fi/> Polku: kuopionua.fi. Jäseneksi.
- Kuopionua.fi. 2013. Yhdistyksen säännöt. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <http://www.kuopionua.fi/> Polku: kuopionua.fi. Info. Kuopion Urheiluautoilijat – Säännöt.
- Rts.fi i.a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <http://www.rts.fi/> Polku: rts.fi. Hanke lyhyesti.
- NISKANEN, Jari. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa1 Tietomallipohjainen hanke. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf
- KEMPPAINEN, Liisa. LIUKAS, Juha 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa2 Yleiset mallinnusvaatimukset. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-17] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf
- JANTUNEN, Niko. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa4 Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-17] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA4_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf
- Buildingsmart.fi i.a. a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/> Polku: buildingsmart.fi. Infra. Yleiset inframallivaatimukset 2015.
- Buildingsmart.fi i.a. b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/> Polku: buildingsmart.fi. Infra. InfraBIM-nimikkeistö.
- Buildingsmart.fi i.a. c. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/> Polku: buildingsmart.fi. Infra. Inframodel-tiedonsiirtoformaatti.
- Kuopio.fi. 2016. Laserkeilausaineisto esimerkkejä. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7511739/Laserkeilausaineisto.pdf>
- Kuopio.fi. 2017 a. Maaomaisuuden hallintapalveluiden hinnasto. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7492240/Hinnasto_2017_Maaomaisuuden_hallintapalvelut.pdf
- Kuopio.fi. 2017 b. Käyttöehdot. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7562265/Paikkatietoaineistojen+kayttoehdot.pdf>
- Maanmittauslaitos.fi. a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/> Polku: maanmittauslaitos.fi. Kartta ja paikkatieto. Asiantuntevalle käyttäjälle. Tuotekuvaukset. Laserkeilausaineisto.
- Maanmittauslaitos.fi b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/> Polku: maanmittauslaitos.fi. Kartta ja paikkatieto. Asiantuntevalle käyttäjälle. Avoimen tietoaaineiston lisenssi.
- Maanmittauslaitos.fi c. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-01] Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/> Polku: maanmittauslaitos.fi. Kartta ja paikkatieto. Asiantuntevalle käyttäjälle. Tuotekuvaukset. Maanmittauslaitoksen ilmakuva.
- JOALA, Vahur. 2006. [verkkoaineisto] Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. [viitattu 2017-10-03] Saatavissa: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=explorer&chrome=true&srcid=0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGM5LTlkOWUtNTQzMDIwZTI3NDVm&hl=en>

KAJANEN, Juha, MUUKKONEN, Jarmo, SIREENI, Jarkko. 2009. Tietotekniikka hyödyntävä infrasuunnitelu. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy

Rapidlasso.com i.a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-05] Saatavissa: <https://rapidlasso.com/>
Polku: rapidlasso.com. Products. License.

Blender.org i.a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-10-05] Saatavissa: <https://www.blender.org>
Polku: blender.org. About. License.